

## Tabellen und Diagramme zu Kapitel 3

### Wärme – Heat

Redakteur: W. Hemminger

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 3.01  | Thermometrische Fixpunkte – <i>Temperature fixed points</i> (W. Blanke) . . . . .   | 339 |
| 3.02  | Werte der Referenzfunktion $W_r(T_{90})$ für Platinwiderstandsthermometer als Funktion der Temperatur $T_{90}$ – <i>Values of the reference function <math>W_r(T_{90})</math> for platinum resistance thermometers as a function of the temperature <math>T_{90}</math></i> (W. Blanke) . . . . . | 340 |
| 3.03a | Dampfdruck des $^3\text{Heliums}$ in kPa als Funktion der Temperatur $T_{90}$ – <i>Vapour pressure of <math>^3\text{helium}</math> in kPa as a function of the temperature <math>T_{90}</math></i> (W. Blanke) . . . . .  | 342 |
| 3.03b | Dampfdruck des $^4\text{Heliums}$ in kPa als Funktion der Temperatur $T_{90}$ – <i>Vapour pressure of <math>^4\text{helium}</math> in kPa as a function of the temperature <math>T_{90}</math></i> (W. Blanke) . . . . .  | 343 |
| 3.04  | Differenz der Volumenausdehnungskoeffizienten zwischen verschiedenen thermometrischen Flüssigkeiten und Thermometergläsern – <i>Difference of cubic expansion coefficients for combinations of various thermometric fluids and thermometer glasses</i> (W. Blanke) . . . . .                      | 345 |
| 3.05  | Verschiedene Eigenschaften einiger gebräuchlicher Apparate- und Thermometergläser – <i>Various properties of commonly used laboratory and thermometer glasses</i> (W. Hemminger) . . . . .  | 346 |
| 3.06  | Kältemischungen aus Eis und verschiedenen Salzen – <i>Eutectic salt-ice mixtures</i> (W. Blanke) . . . . .  | 346 |
| 3.07  | Dichte des Quecksilbers als Funktion der Celsius-temperatur bei 101,325 kPa – <i>Density of mercury as a function of the Celsius temperature at 101,325 kPa</i> (F. Spieweck) . . . . .   | 347 |
| 3.08  | Isotherme Kompressibilität von Quecksilber – <i>Isothermal compressibility of mercury</i> (G. Klingenberg) . . . . .  | 348 |
| 3.09  | Dichte von luftfreiem Wasser bei 101,325 kPa als Funktion der Celsius-temperatur – <i>Density of water (air-free) at 101,325 kPa as a function of the Celsius temperature</i> (F. Spieweck) . . . . .   | 349 |
| 3.10  | Isotherme Kompressibilität von Wasser – <i>Isothermal compressibility of water</i> (G. Klingenberg) . . . . .   | 351 |
| 3.11  | Verschiedene Eigenschaften von Wasser und Wasserdampf bei 0,1 MPa – <i>Some properties of water and steam at 0,1 MPa</i> (W. Blanke) . . . . .  | 351 |
| 3.12  | Eigenschaften von Wasser und Wasserdampf im Sättigungszustand – <i>Properties of water and steam in the state of saturation</i> (W. Blanke) . . . . .   | 352 |
| 3.13  | Dampfdruck und Dichte des gesättigten Wasserdampfes zwischen $-35^\circ\text{C}$ und $50^\circ\text{C}$ – <i>Vapour pressure and density of saturated steam between <math>-35^\circ\text{C}</math> and <math>50^\circ\text{C}</math></i> (W. Scheibe) . . . . .                                   | 353 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 3.14a | Siedetemperatur des Wassers in °C zwischen 86 und 110 kPa – <i>Boiling temperature of water in °C for pressures between 86 and 110 kPa</i> (W. Blanke)  | 354 |
| 3.14b | Dampfdruck des Wassers in kPa für Temperaturen zwischen 90 und 104 °C – <i>Vapour pressure of water in kPa for temperatures between 90 and 104 °C</i> (W. Blanke)   | 354 |
| 3.15  | Spezifische Wärmekapazität $c_p$ des Wassers in kJ/(kg K) bei 0,1 MPa – <i>Specific heat <math>c_p</math> of water in kJ/(kg K) at 0,1 MPa</i> (W. Blanke)  | 355 |
| 3.16  | Dichte der trockenen und feuchten Luft – <i>Density of dry and humid air</i> (M. Kochsiek)  | 355 |
| 3.17  | Verschiedene Eigenschaften trockener Luft bei 0,1 MPa – <i>Some properties of dry air at 0,1 MPa</i> (W. Blanke)  | 356 |
| 3.18  | Relative Luftfeuchte über gesättigten wäßrigen Salzlösungen – <i>Relative humidity of air over saturated salt-water solutions</i> (W. Scheibe)  | 357 |
| 3.19a | Längenausdehnungskoeffizient einiger Stoffe – <i>Thermal coefficient of linear expansion for various substances</i> (W. Gorski)   | 357 |
| 3.19b | Temperaturabhängigkeit der relativen Längenänderung $\Delta l/l$ bei festen Stoffen – <i>Temperature dependence of the relative expansion <math>\Delta l/l</math> of solids</i> (W. Gorski)   | 361 |
| 3.20  | Molare Wärmekapazität $C_p^0$ bei Standarddruck $p^0$ (0,1 MPa) und verschiedenen Temperaturen $T$ – <i>Molar Heat capacity <math>C_p^0</math> at standard pressure <math>p^0</math> (0,1 MPa) and various temperatures <math>T</math></i> (S.M. Sarge)   | 363 |
| 3.21  | Molare Siedepunktserhöhung $\Delta T_{S,m}$ und Gefrierpunktserniedrigung $\Delta T_{G,m}$ einiger Lösungsmittel – <i>Molecular elevation of the boiling point, <math>\Delta T_{S,m}</math>, and depression of the freezing point, <math>\Delta T_{G,m}</math>, of some solvents</i> (H.-H. Kirchner) | 366 |
| 3.22  | Wärmeleitfähigkeit einiger Festkörper – <i>Thermal conductivity of solids</i> (W. Hemminger)  | 367 |
| 3.22a | Elemente  | 367 |
| 3.22b | Legierungen   | 368 |
| 3.22c | Verschiedene Stoffe bei 20 °C   | 369 |
| 3.22d | Eis und Schnee  | 370 |
| 3.22e | Bau- und Wärmedämmstoffe  | 370 |
| 3.23  | Wärmeleitfähigkeit einiger Flüssigkeiten – <i>Thermal conductivity of liquids</i> (W. Hemminger)  | 371 |
| 3.23a | Verflüssigte Gase   | 371 |
| 3.23b | Verschiedene Flüssigkeiten  | 372 |
| 3.23c | Flüssige Metalle  | 372 |
| 3.24  | Wärmeleitfähigkeit einiger Gase beim Druck von 1 bar – <i>Thermal conductivity of gases at a pressure of 1 bar</i> (W. Hemminger)   | 373 |
| 3.24a | Elemente und anorganische Verbindungen  | 373 |
| 3.24b | Organische Verbindungen   | 373 |

### 3.01 Thermometrische Fixpunkte – Temperature fixed points (W. Blanke)

| Stoff                                 | 1)  | $T_{90}$<br>K       | $t_{90}$<br>°C | Stoff             | 1) | $T_{90}$<br>K | $t_{90}$<br>°C | Stoff                           | 1) | $T_{90}$<br>K | $t_{90}$<br>°C |
|---------------------------------------|-----|---------------------|----------------|-------------------|----|---------------|----------------|---------------------------------|----|---------------|----------------|
| Cadmium                               | Sp  | 0,519 <sup>b)</sup> |                | Krypton           | Tr | 115,776       | -157,374       | Silber                          | E  | 1234,93       | 961,78         |
| Zink                                  | Sp  | 0,851               |                | Krypton           | Sd | 119,81        | -153,34        | Gold                            | E  | 1337,33       | 1064,18        |
| Aluminium                             | Sp  | 1,1796              |                | Xenon             | Tr | 161,404       | -111,746       | Kupfer                          | E  | 1357,77       | 1084,62        |
| Indium                                | Sp  | 3,4145              |                | Xenon             | Sd | 165,06        | -108,09        | Eisen ( $\lambda = 653$ nm)     | St | 1670          | 1397           |
| <sup>4</sup> Helium                   | Sd  | 4,2221              |                | Kohlenstoffdioxid | Sb | 194,685       | -78,465        | Palladium ( $\lambda = 653$ nm) | St | 1688          | 1415           |
| Blei                                  | Sp  | 7,199               | -259,3467      | Kohlenstoffdioxid | Tr | 216,589       | -56,561        | Nickel                          | E  | 1728          | 1455           |
| Gleichgewichts-                       | Tr  | 13,8033             |                | Quecksilber       | Tr | 234,3156      | -38,8344       | Cobalt                          | E  | 1768          | 1495           |
| wasserstoff                           | Tr  | 13,952              | -259,198       | Quecksilber       | E  | 234,321       | -38,829        | Titan ( $\lambda = 653$ nm)     | St | 1800          | 1527           |
| Normalwasserstoff                     | Sd' | 17,035              | -256,115       | Brombenzol        | Tr | 242,423       | -30,727        | Eisen                           | Sm | 1811          | 1538           |
| wasserstoff                           | Tr  | 18,689              | -254,461       | Wasser            | E  | 273,15        | 0              | Palladium                       | E  | 1828,0        | 1554,9         |
| Gleichgewichts-                       | Tr  | 20,2711             |                | Wasser            | Tr | 273,16        | 0,01           | Zirconium ( $\lambda = 650$ nm) | St | 1939          | 1666           |
| deuterium                             | Tr  | 20,388              | -252,762       | Diphenylether     | Tr | 300,015       | 26,865         | Titan                           | Sm | 1942          | 1669           |
| Gleichgewichts-                       | Sd  | 20,711              | -252,8789      | Gallium           | Tr | 302,9146      | 29,7646        | Vanadium ( $\lambda = 653$ nm)  | St | 1989          | 1716           |
| wasserstoff                           | Sd  | 20,388              | -252,762       | Natrium           | E  | 370,943       | 97,793         | Platin                          | E  | 2041,4        | 1768,3         |
| Sauerstoff $\alpha \rightarrow \beta$ | U   | 23,867              | -249,283       | Wasser            | Sd | 373,124       | 99,974         | Zirconium                       | Sm | 2127          | 1854           |
| Neon                                  | Tr  | 24,5561             | -248,5939      | Benzoessäure      | Tr | 395,489       | 122,339        | Rhodium                         | E  | 2235          | 1962           |
| Neon                                  | Sd  | 27,097              | -246,053       | Indium            | E  | 429,7485      | 156,5985       | Ruthenium ( $\lambda = 650$ nm) | St | 2293          | 2020           |
| Stickstoff $\alpha \rightarrow \beta$ | U   | 35,614              | -237,536       | Zinn              | E  | 505,078       | 231,928        | Aluminiumoxid                   | Sm | 2326          | 2053           |
| Sauerstoff $\beta \rightarrow \gamma$ | U   | 43,796              | -229,354       | Bismut            | E  | 544,553       | 271,403        | Niob ( $\lambda = 650$ nm)      | St | 2428          | 2155           |
| Sauerstoff                            | Tr  | 54,3584             | -218,7916      | Cadmium           | E  | 594,219       | 321,069        | Molybdän ( $\lambda = 653$ nm)  | St | 2528          | 2255           |
| Stickstoff                            | Tr  | 63,151              | -209,999       | Blei              | E  | 600,612       | 327,462        | Ruthenium                       | Sm | 2606          | 2333           |
| Stickstoff                            | Tr  | 77,352              | -195,798       | Quecksilber       | Sd | 629,769       | 356,619        | Tantal ( $\lambda = 995$ nm)    | St | 2619          | 2346           |
| Argon                                 | Sd  | 83,8058             | -189,3442      | Zink              | Sd | 692,677       | 419,527        | Yttriumoxid ( $Y_2O_3$ )        | Sm | 2711          | 2438           |
| Argon                                 | Tr  | 87,302              | -185,848       | Schwefel          | Sd | 717,764       | 444,614        | Iridium                         | E  | 2719          | 2446           |
| Sauerstoff                            | Ta  | 90,196              | -182,954       | Kupfer-Aluminium- | Sm | 821,309       | 548,159        | Niob                            | Sm | 2745          | 2472           |
| Ethan                                 | Tr  | 90,36               | -182,79        | Eutektikum        | E  | 903,779       | 630,629        | Berylliumoxid                   | St | 2845          | 2572           |
| Methan                                | Tr  | 90,692              | -182,458       | Antimon           | E  | 933,473       | 660,323        | Molybdän                        | Sm | 2850          | 2577           |
| Methan                                | Sd  | 111,668             | -161,482       | Aluminium         | E  | 1053,06       | 779,91         | Wolfram                         | Sm | 2896          | 2623           |
|                                       |     |                     |                | Kupfer-Silber-    | Sm |               |                |                                 | Sm | 3691          | 3418           |
|                                       |     |                     |                | Eutektikum,       |    |               |                |                                 |    |               |                |

2)  $T_{76}$ 

Sp Sprungpunkt der Supraleitung

Sb Erstarrungspunkt beim Druck 101,325 kPa

St spektrale Strahlungsdichtetemperatur beim Schmelzpunkt

St Sublimationspunkt

Ta Taupunkt beim Druck 101,325 kPa

Sd Siedepunkt beim Druck 101,325 kPa

Tr Tripelpunkt

Sd' Siedepunkt beim Druck 33,3213 kPa

U Umwandlungspunkt zwischen den Phasen fester Stoffe

Sm Schmelzpunkt beim Druck 101,325 kPa

**3.02** Werte der Referenzfunktion  $W_r(T_{90})$  für Platinwiderstandsthermometer als Funktion der Temperatur  $T_{90}$  — Values of the reference function  $W_r(T_{90})$  for platinum resistance thermometers as a function of the temperature  $T_{90}$  (W. Blanke)

|               |           |           |           |           |           |           |            |           |           |            |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|
| $T_{90}$ in K | 0         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6          | 7         | 8         | 9          |
| 10            | 0,0040359 | 0,0048117 | 0,0056922 | 0,0066823 | 0,0077858 | 0,0089191 | 0,01018638 | 0,0115905 | 0,0131767 | 0,01496396 |
| 20            | 0,0169169 | 0,0188636 | 0,0209300 | 0,0231141 | 0,0254135 | 0,0278257 | 0,0303476  | 0,0329760 | 0,0357075 | 0,0385383  |
| 30            | 0,0414648 | 0,0444831 | 0,0475893 | 0,0507793 | 0,0540494 | 0,0573955 | 0,0608138  | 0,0643004 | 0,0678518 | 0,0714641  |
| 40            | 0,0751340 | 0,0788579 | 0,0826327 | 0,0864550 | 0,0903219 | 0,0942304 | 0,0981777  | 0,1021613 | 0,1061785 | 0,1102269  |
| 50            | 0,1143042 | 0,1184084 | 0,1225373 | 0,1266889 | 0,1308616 | 0,1350535 | 0,1392630  | 0,1434887 | 0,1477290 | 0,1519827  |
| 60            | 0,1562484 | 0,1605251 | 0,1648116 | 0,1691069 | 0,1734100 | 0,1777201 | 0,1820362  | 0,1863577 | 0,1906838 | 0,1950139  |
| $T_{90}$ in K | 0         | 2         | 4         | 6         | 8         | 10        | 12         | 14        | 16        | 18         |
| 80            | 0,1993472 | 0,2080216 | 0,2167029 | 0,2253876 | 0,2340726 | 0,2427555 | 0,2514341  | 0,2601066 | 0,2687716 | 0,2774277  |
| 100           | 0,2860741 | 0,2947099 | 0,3033345 | 0,3119474 | 0,3205482 | 0,3291368 | 0,3377128  | 0,3462763 | 0,3548272 | 0,3633656  |
| 120           | 0,3718914 | 0,3804049 | 0,3889061 | 0,3973953 | 0,4058725 | 0,4143380 | 0,4227921  | 0,4312349 | 0,4396666 | 0,4480875  |
| 140           | 0,4564977 | 0,4648976 | 0,4732873 | 0,4816671 | 0,4900372 | 0,4983977 | 0,5067490  | 0,5150911 | 0,5234243 | 0,5317488  |
| 160           | 0,5400647 | 0,5483723 | 0,5566716 | 0,5649630 | 0,5732464 | 0,5815220 | 0,5897901  | 0,5980507 | 0,6063039 | 0,6145500  |
| 180           | 0,6227889 | 0,6310208 | 0,6392459 | 0,6474641 | 0,6556757 | 0,6638807 | 0,6720792  | 0,6802713 | 0,6884570 | 0,6966365  |
| 200           | 0,7048098 | 0,7129769 | 0,7211380 | 0,7292932 | 0,7374424 | 0,7455857 | 0,7537232  | 0,7618550 | 0,7699811 | 0,7781016  |
| 220           | 0,7862165 | 0,7943258 | 0,8024297 | 0,8105281 | 0,8186211 | 0,8267087 | 0,8347910  | 0,8428681 | 0,8509399 | 0,8590065  |
| 240           | 0,8670680 | 0,8751243 | 0,8831755 | 0,8912217 | 0,8992629 | 0,9072991 | 0,9153302  | 0,9233565 | 0,9313778 | 0,9393942  |
| 260           | 0,9474057 | 0,9554123 | 0,9634141 | 0,9714110 | 0,9794030 | 0,9873902 | 0,9953725  | 1,0033499 | 1,0113225 | 1,0192902  |
| 280           | 1,0272530 | 1,0352110 | 1,0431641 | 1,0511123 | 1,0590557 | 1,0669942 | 1,0749278  | 1,0828567 | 1,0907806 | 1,0986998  |
| 300           | 1,1066141 | 1,1145235 | 1,1224281 | 1,1303279 | 1,1382229 | 1,1461130 | 1,1539983  | 1,1618788 | 1,1697544 | 1,1776253  |
| 320           | 1,1854913 | 1,1933525 | 1,2012089 | 1,2090605 | 1,2169073 | 1,2247493 | 1,2325864  | 1,2404188 | 1,2482464 | 1,2560691  |
| 340           | 1,2638871 | 1,2717003 | 1,2795087 | 1,2873123 | 1,2951111 | 1,3029051 | 1,3106943  | 1,3184787 | 1,3262584 | 1,3340333  |
| 360           | 1,3418034 | 1,3495687 | 1,3573292 | 1,3650850 | 1,3728366 | 1,3805822 | 1,3883236  | 1,3960603 | 1,4037922 | 1,4115194  |
| 380           | 1,4192418 | 1,4269594 | 1,4346722 | 1,4423803 | 1,4500837 | 1,4577823 | 1,4654761  | 1,4731652 | 1,4808495 | 1,4885291  |
| 400           | 1,4962039 | 1,5038740 | 1,5115393 | 1,5191999 | 1,5268558 | 1,5345069 | 1,5421533  | 1,5497949 | 1,5574318 | 1,5650640  |
| 420           | 1,5726915 | 1,5803142 | 1,5879322 | 1,5955454 | 1,6031540 | 1,6107578 | 1,6183569  | 1,6259512 | 1,6335409 | 1,6411258  |
| 440           | 1,6487061 | 1,6562816 | 1,6638524 | 1,6714185 | 1,6789799 | 1,6865366 | 1,6940885  | 1,7016358 | 1,7091784 | 1,7167163  |
| 460           | 1,7242495 | 1,7317779 | 1,7393017 | 1,7468208 | 1,7543353 | 1,7618450 | 1,7693500  | 1,7768504 | 1,7843461 | 1,7918371  |
| 480           | 1,7993234 | 1,8068050 | 1,8142820 | 1,8217542 | 1,8292218 | 1,8366848 | 1,8441431  | 1,8515967 | 1,8590456 | 1,8664899  |

## Fortsetzung T 3.02

| $T_{90in}$ K | 0         | 2         | 4         | 6         | 8         | 10        | 12        | 14        | 16        | 18        |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 500          | 1,8739295 | 1,8813644 | 1,8887947 | 1,8962203 | 1,9036413 | 1,9110576 | 1,9184692 | 1,9258762 | 1,9332786 | 1,9406763 |
| 520          | 1,9480694 | 1,9554578 | 1,9628415 | 1,9702206 | 1,9775951 | 1,9849649 | 1,9923301 | 1,9996906 | 2,0070465 | 2,0143978 |
| 540          | 2,0217444 | 2,0290864 | 2,0364238 | 2,0437565 | 2,0510846 | 2,0584081 | 2,0657269 | 2,0730411 | 2,0803507 | 2,0876556 |
| 560          | 2,0949559 | 2,1022516 | 2,1095427 | 2,1168291 | 2,1241109 | 2,1313881 | 2,1386607 | 2,1459286 | 2,1531919 | 2,1604506 |
| 580          | 2,1677047 | 2,1749541 | 2,1821990 | 2,1894392 | 2,1966748 | 2,2039057 | 2,2111321 | 2,2183538 | 2,2255709 | 2,2327834 |
| 600          | 2,2399913 | 2,2471945 | 2,2543932 | 2,2615872 | 2,2687766 | 2,2759613 | 2,2831415 | 2,2903170 | 2,2974879 | 2,3046542 |
| 620          | 2,3118159 | 2,3189729 | 2,3261253 | 2,3332731 | 2,3404163 | 2,3475548 | 2,3546888 | 2,3618181 | 2,3689427 | 2,3760628 |
| 640          | 2,3831782 | 2,3902890 | 2,3973951 | 2,4044966 | 2,4115935 | 2,4186858 | 2,4257734 | 2,4328564 | 2,4399348 | 2,4470085 |
| 660          | 2,4540776 | 2,4611420 | 2,4682018 | 2,4752569 | 2,4823074 | 2,4893533 | 2,4963945 | 2,5034311 | 2,5104630 | 2,5174902 |
| 680          | 2,5245129 | 2,5315308 | 2,5385441 | 2,5455527 | 2,5525567 | 2,5595560 | 2,5665507 | 2,5735406 | 2,5805260 | 2,5875066 |
| 700          | 2,5944826 | 2,6014539 | 2,6084205 | 2,6153824 | 2,6223397 | 2,6292922 | 2,6362401 | 2,6431833 | 2,6501218 | 2,6570556 |
| 720          | 2,6639848 | 2,6709092 | 2,6778289 | 2,6847439 | 2,6916543 | 2,6985599 | 2,7054608 | 2,7123569 | 2,7192484 | 2,7261352 |
| 740          | 2,7330172 | 2,7398945 | 2,7467671 | 2,7536350 | 2,7604981 | 2,7673565 | 2,7742101 | 2,7810591 | 2,7879032 | 2,7947427 |
| 760          | 2,8015774 | 2,8084073 | 2,8152325 | 2,8220529 | 2,8288686 | 2,8356795 | 2,8424856 | 2,8492870 | 2,8560836 | 2,8628754 |
| 780          | 2,8696624 | 2,8764447 | 2,8832222 | 2,8899949 | 2,8967628 | 2,9035259 | 2,9102843 | 2,9170378 | 2,9237865 | 2,9305305 |
| 800          | 2,9372696 | 2,9440039 | 2,9507334 | 2,9574581 | 2,9641779 | 2,9708930 | 2,9776032 | 2,9843086 | 2,9910092 | 2,9977049 |
| 820          | 3,0043958 | 3,0110818 | 3,0177631 | 3,0244394 | 3,0311110 | 3,0377776 | 3,0444394 | 3,0510964 | 3,0577485 | 3,0643958 |
| 840          | 3,0710381 | 3,0776756 | 3,0843083 | 3,0909361 | 3,0975589 | 3,1041770 | 3,1107901 | 3,1173984 | 3,1240017 | 3,1306002 |
| 860          | 3,1371938 | 3,1437825 | 3,1503663 | 3,1569452 | 3,1635192 | 3,1700882 | 3,1766524 | 3,1832117 | 3,1897661 | 3,1963155 |
| 880          | 3,2028601 | 3,2093997 | 3,2159344 | 3,2224642 | 3,2289890 | 3,2355090 | 3,2420240 | 3,2485340 | 3,2550392 | 3,2615394 |
| $T_{90in}$ K | 0         | 5         | 10        | 15        | 20        | 25        | 30        | 35        | 40        | 45        |
| 900          | 3,2680347 | 3,2842512 | 3,3004369 | 3,3165917 | 3,3327155 | 3,3488084 | 3,3648703 | 3,3809011 | 3,3969010 | 3,4128699 |
| 950          | 3,4288077 | 3,4447144 | 3,4605901 | 3,4764347 | 3,4922482 | 3,5080307 | 3,5237821 | 3,5395024 | 3,5551917 | 3,5708499 |
| 1000         | 3,5864771 | 3,6020732 | 3,6176383 | 3,6331724 | 3,6486756 | 3,6641477 | 3,6795890 | 3,6949993 | 3,7103787 | 3,7257273 |
| 1050         | 3,7410451 | 3,7563320 | 3,7715883 | 3,7868138 | 3,8020087 | 3,8171729 | 3,8323066 | 3,8474098 | 3,8624824 | 3,8775247 |
| 1100         | 3,8925366 | 3,9075181 | 3,9224695 | 3,9373906 | 3,9522815 | 3,9671425 | 3,9819734 | 3,9967743 | 4,0115454 | 4,0262867 |
| 1150         | 4,0409982 | 4,0556801 | 4,0703324 | 4,0849551 | 4,0995485 | 4,1141124 | 4,1286647 | 4,1431526 | 4,1576289 | 4,1720762 |
| 1200         | 4,1864946 | 4,2008841 | 4,2152447 | 4,2295767 | 4,2438801 | 4,2581549 | 4,2724013 | 4,2866194 |           |           |



**3.03b Dampdruck des <sup>4</sup>Heliums in kPa als Funktion der Temperatur  $T_{90}$  – Vapour pressure of <sup>4</sup>helium in kPa as a function of the temperature  $T_{90}$  (W. Blanke)**

| $T_{90}$ in K | 0,00    | 0,01    | 0,02    | 0,03    | 0,04    | 0,05    | 0,06    | 0,07    | 0,08    | 0,09    |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1,20          |         |         |         |         |         | 0,11473 | 0,12251 | 0,13069 | 0,13929 | 0,14834 |
| 1,30          | 0,15785 | 0,16783 | 0,17831 | 0,18929 | 0,20080 | 0,21285 | 0,22547 | 0,23866 | 0,25245 | 0,26686 |
| 1,40          | 0,28191 | 0,29761 | 0,31398 | 0,33104 | 0,34882 | 0,36733 | 0,38659 | 0,40662 | 0,42744 | 0,44907 |
| 1,50          | 0,47154 | 0,49485 | 0,51905 | 0,54413 | 0,57013 | 0,59706 | 0,62495 | 0,65382 | 0,68369 | 0,71458 |
| 1,60          | 0,74651 | 0,77950 | 0,81358 | 0,84877 | 0,88509 | 0,92256 | 0,96121 | 1,00105 | 1,04212 | 1,08442 |
| 1,70          | 1,12799 | 1,17285 | 1,21902 | 1,26652 | 1,31537 | 1,36561 | 1,41724 | 1,47030 | 1,52480 | 1,58076 |
| 1,80          | 1,63822 | 1,69718 | 1,75768 | 1,81972 | 1,88334 | 1,94856 | 2,01538 | 2,08383 | 2,15394 | 2,22571 |
| 1,90          | 2,29916 | 2,37432 | 2,45120 | 2,52980 | 2,61016 | 2,69228 | 2,77616 | 2,86184 | 2,94931 | 3,03858 |
| 2,00          | 3,12967 | 3,22257 | 3,31731 | 3,41387 | 3,51227 | 3,61251 | 3,71459 | 3,81850 | 3,92425 | 4,03184 |
| 2,10          | 4,14126 | 4,25250 | 4,36557 | 4,48044 | 4,59712 | 4,71559 | 4,83583 | 4,95784 | 5,08162 | 5,20734 |
| 2,20          | 5,33510 | 5,46491 | 5,59680 | 5,73080 | 5,86694 | 6,00522 | 6,14569 | 6,28835 | 6,43324 | 6,58038 |
| 2,30          | 6,72979 | 6,88149 | 7,03551 | 7,19187 | 7,35058 | 7,51167 | 7,67516 | 7,84108 | 9,83191 | 10,0285 |
| 2,40          | 8,35356 | 8,52937 | 8,70771 | 8,88859 | 9,07204 | 9,25808 | 9,44672 | 9,63799 | 8,00943 | 8,18026 |
| 2,50          | 10,2278 | 10,4297 | 10,6344 | 10,8419 | 11,0521 | 11,2651 | 11,4809 | 11,6995 | 11,9210 | 12,1453 |
| 2,60          | 12,3725 | 12,6026 | 12,8357 | 13,0716 | 13,3106 | 13,5525 | 13,7974 | 14,0453 | 14,2963 | 14,5503 |
| 2,70          | 14,8074 | 15,0676 | 15,3309 | 15,5974 | 15,8670 | 16,1397 | 16,4157 | 16,6949 | 16,9773 | 17,2629 |
| 2,80          | 17,5518 | 17,8440 | 18,1396 | 18,4384 | 18,7406 | 19,0461 | 19,3551 | 19,6674 | 19,9832 | 20,3024 |
| 2,90          | 20,6251 | 20,9512 | 21,2809 | 21,6140 | 21,9507 | 22,2910 | 22,6348 | 22,9823 | 23,3333 | 23,6880 |
| 3,00          | 24,0464 | 24,4084 | 24,7741 | 25,1435 | 25,5166 | 25,8935 | 26,2742 | 26,6587 | 27,0469 | 27,4390 |
| 3,10          | 27,8350 | 28,2348 | 28,6385 | 29,0461 | 29,4576 | 29,8730 | 30,2924 | 30,7158 | 31,1432 | 31,5746 |
| 3,20          | 32,0101 | 32,4496 | 32,8932 | 33,3409 | 33,7927 | 34,2486 | 34,7087 | 35,1729 | 35,6413 | 36,1140 |
| 3,30          | 36,5909 | 37,0720 | 37,5574 | 38,0470 | 38,5410 | 39,0393 | 39,5419 | 40,0489 | 40,5603 | 41,0761 |
| 3,40          | 41,5963 | 42,1209 | 42,6500 | 43,1835 | 43,7216 | 44,2642 | 44,8113 | 45,3629 | 45,9191 | 46,4799 |
| 3,50          | 47,0454 | 47,6154 | 48,1901 | 48,7694 | 49,3535 | 49,9422 | 50,5357 | 51,1339 | 51,7368 | 52,3446 |
| 3,60          | 52,9571 | 53,5745 | 54,1967 | 54,8237 | 55,4556 | 56,0925 | 56,7342 | 57,3808 | 58,0325 | 58,6891 |
| 3,70          | 59,3506 | 60,0172 | 60,6888 | 61,3655 | 62,0472 | 62,7341 | 63,4260 | 64,1230 | 64,8253 | 65,5326 |
| 3,80          | 66,2452 | 66,9629 | 67,6859 | 68,4142 | 69,1477 | 69,8864 | 70,6305 | 71,3799 | 72,1347 | 72,8948 |

Fortsetzung T 3.03b

| $T_{90}$ in K | 0,00     | 0,01     | 0,02     | 0,03     | 0,04     | 0,05     | 0,06     | 0,07     | 0,08     | 0,09     |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 3,90          | 73,6603  | 74,4313  | 75,2076  | 75,9894  | 76,7767  | 77,5694  | 78,3677  | 79,1714  | 79,9808  | 80,7957  |
| 4,00          | 81,6162  | 82,4423  | 83,2740  | 84,1114  | 84,9545  | 85,8033  | 86,6577  | 87,5180  | 88,3840  | 89,2557  |
| 4,10          | 90,1333  | 91,0167  | 91,9060  | 92,8011  | 93,7021  | 94,6090  | 95,5219  | 96,4407  | 97,3655  | 98,2964  |
| 4,20          | 99,2332  | 100,1761 | 101,1251 | 102,0801 | 103,0413 | 104,0087 | 104,9822 | 105,9619 | 106,9478 | 107,9399 |
| 4,30          | 108,9383 | 109,9430 | 110,9540 | 111,9714 | 112,9951 | 114,0252 | 115,0617 | 116,1046 | 117,1540 | 118,2099 |
| 4,40          | 119,2723 | 120,3412 | 121,4167 | 122,4988 | 123,5875 | 124,6828 | 125,7848 | 126,8936 | 128,0090 | 129,1312 |
| 4,50          | 130,2601 | 131,3959 | 132,5385 | 133,6879 | 134,8443 | 136,0075 | 137,1777 | 138,3549 | 139,5391 | 140,7303 |
| 4,60          | 141,9286 | 143,1339 | 144,3464 | 145,5661 | 146,7929 | 148,0269 | 149,2682 | 150,5167 | 151,7726 | 153,0357 |
| 4,70          | 154,3063 | 155,5842 | 156,8696 | 158,1625 | 159,4628 | 160,7707 | 162,0861 | 163,4091 | 164,7398 | 166,0781 |
| 4,80          | 167,4241 | 168,7779 | 170,1394 | 171,5087 | 172,8858 | 174,2709 | 175,6638 | 177,0647 | 178,4736 | 179,8905 |
| 4,90          | 181,3154 | 182,7485 | 184,1896 | 185,6390 | 187,0966 | 188,5624 | 190,0365 | 191,5189 | 193,0097 | 194,5089 |

|      |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 5,00 | 196,0165  | 182,7485  | 184,1896  | 185,6390  | 187,0966  | 188,5624  | 190,0365  | 191,5189  | 193,0097  | 194,5089  |
| 5,10 | 201,3370  | 197,0691  | 198,5102  | 200,0000  | 201,5400  | 203,1300  | 204,7700  | 206,4600  | 208,2000  | 210,0000  |
| 5,20 | 207,1150  | 202,8350  | 204,3760  | 205,9170  | 207,5580  | 209,2000  | 210,8420  | 212,5840  | 214,3260  | 216,0680  |
| 5,30 | 213,3800  | 209,0900  | 210,6310  | 212,1720  | 213,8130  | 215,4540  | 217,0950  | 218,8360  | 220,5770  | 222,3180  |
| 5,40 | 220,1800  | 215,8800  | 217,4210  | 218,9620  | 220,6030  | 222,2440  | 223,8850  | 225,6260  | 227,3670  | 229,1080  |
| 5,50 | 227,4600  | 223,1600  | 224,7010  | 226,3420  | 228,0830  | 229,8240  | 231,5650  | 233,4060  | 235,2470  | 237,0880  |
| 5,60 | 235,2600  | 230,9600  | 232,5010  | 234,1420  | 235,8830  | 237,6240  | 239,3650  | 241,2060  | 243,0470  | 244,8880  |
| 5,70 | 243,6200  | 239,3200  | 240,8610  | 242,5020  | 244,2430  | 246,0840  | 247,9250  | 249,7660  | 251,6070  | 253,4480  |
| 5,80 | 252,5800  | 248,2800  | 249,8210  | 251,4620  | 253,2030  | 255,0440  | 256,8850  | 258,7260  | 260,5670  | 262,4080  |
| 5,90 | 262,0800  | 257,7800  | 259,3210  | 260,9620  | 262,7030  | 264,5440  | 266,3850  | 268,2260  | 270,0670  | 271,9080  |
| 6,00 | 272,0600  | 267,7600  | 269,3010  | 270,9420  | 272,6830  | 274,5240  | 276,3650  | 278,2060  | 280,0470  | 281,8880  |
| 6,10 | 282,5200  | 278,2200  | 279,7610  | 281,4020  | 283,2430  | 285,0840  | 286,9250  | 288,7660  | 290,6070  | 292,4480  |
| 6,20 | 293,5200  | 289,2200  | 290,7610  | 292,4020  | 294,2430  | 296,0840  | 297,9250  | 299,7660  | 301,6070  | 303,4480  |
| 6,30 | 305,0800  | 300,7800  | 302,3210  | 303,9620  | 305,8030  | 307,6440  | 309,4850  | 311,3260  | 313,1670  | 315,0080  |
| 6,40 | 317,2000  | 312,9000  | 314,4410  | 316,0820  | 317,9230  | 319,7640  | 321,6050  | 323,4460  | 325,2870  | 327,1280  |
| 6,50 | 330,8200  | 326,5200  | 328,0610  | 329,7020  | 331,5430  | 333,3840  | 335,2250  | 337,0660  | 338,9070  | 340,7480  |
| 6,60 | 345,9800  | 341,6800  | 343,2210  | 344,8620  | 346,7030  | 348,5440  | 350,3850  | 352,2260  | 354,0670  | 355,9080  |
| 6,70 | 362,7200  | 358,4200  | 359,9610  | 361,6020  | 363,4430  | 365,2840  | 367,1250  | 368,9660  | 370,8070  | 372,6480  |
| 6,80 | 380,0800  | 375,7800  | 377,3210  | 378,9620  | 380,8030  | 382,6440  | 384,4850  | 386,3260  | 388,1670  | 390,0080  |
| 6,90 | 398,9800  | 394,6800  | 396,2210  | 397,8620  | 399,7030  | 401,5440  | 403,3850  | 405,2260  | 407,0670  | 408,9080  |
| 7,00 | 419,4600  | 415,1600  | 416,7010  | 418,3420  | 420,1830  | 422,0240  | 423,8650  | 425,7060  | 427,5470  | 429,3880  |
| 7,10 | 441,6200  | 437,3200  | 438,8610  | 440,5020  | 442,3430  | 444,1840  | 446,0250  | 447,8660  | 449,7070  | 451,5480  |
| 7,20 | 465,4800  | 461,1800  | 462,7210  | 464,3620  | 466,2030  | 468,0440  | 469,8850  | 471,7260  | 473,5670  | 475,4080  |
| 7,30 | 491,0600  | 486,7600  | 488,3010  | 489,9420  | 491,7830  | 493,6240  | 495,4650  | 497,3060  | 499,1470  | 500,9880  |
| 7,40 | 518,3800  | 514,0800  | 515,6210  | 517,2620  | 519,1030  | 520,9440  | 522,7850  | 524,6260  | 526,4670  | 528,3080  |
| 7,50 | 547,4600  | 543,1600  | 544,7010  | 546,3420  | 548,1830  | 550,0240  | 551,8650  | 553,7060  | 555,5470  | 557,3880  |
| 7,60 | 578,3200  | 574,0200  | 575,5610  | 577,2020  | 579,0430  | 580,8840  | 582,7250  | 584,5660  | 586,4070  | 588,2480  |
| 7,70 | 610,9800  | 606,6800  | 608,2210  | 609,8620  | 611,7030  | 613,5440  | 615,3850  | 617,2260  | 619,0670  | 620,9080  |
| 7,80 | 645,4600  | 641,1600  | 642,7010  | 644,3420  | 646,1830  | 648,0240  | 649,8650  | 651,7060  | 653,5470  | 655,3880  |
| 7,90 | 681,7800  | 677,4800  | 679,0210  | 680,6620  | 682,5030  | 684,3440  | 686,1850  | 688,0260  | 689,8670  | 691,7080  |
| 8,00 | 719,9800  | 715,6800  | 717,2210  | 718,8620  | 720,7030  | 722,5440  | 724,3850  | 726,2260  | 728,0670  | 729,9080  |
| 8,10 | 759,9800  | 755,6800  | 757,2210  | 758,8620  | 760,7030  | 762,5440  | 764,3850  | 766,2260  | 768,0670  | 769,9080  |
| 8,20 | 801,7800  | 797,4800  | 799,0210  | 800,6620  | 802,5030  | 804,3440  | 806,1850  | 808,0260  | 809,8670  | 811,7080  |
| 8,30 | 845,3200  | 841,0200  | 842,5610  | 844,2020  | 846,0430  | 847,8840  | 849,7250  | 851,5660  | 853,4070  | 855,2480  |
| 8,40 | 890,6200  | 886,3200  | 887,8610  | 889,5020  | 891,3430  | 893,1840  | 895,0250  | 896,8660  | 898,7070  | 900,5480  |
| 8,50 | 937,6800  | 933,3800  | 934,9210  | 936,5620  | 938,4030  | 940,2440  | 942,0850  | 943,9260  | 945,7670  | 947,6080  |
| 8,60 | 986,4200  | 982,1200  | 983,6610  | 985,3020  | 987,1430  | 988,9840  | 990,8250  | 992,6660  | 994,5070  | 996,3480  |
| 8,70 | 1036,8600 | 1032,5600 | 1034,1010 | 1035,7420 | 1037,5830 | 1039,4240 | 1041,2650 | 1043,1060 | 1044,9470 | 1046,7880 |
| 8,80 | 1089,0200 | 1084,7200 | 1086,2610 | 1087,9020 | 1089,7430 | 1091,5840 | 1093,4250 | 1095,2660 | 1097,1070 | 1098,9480 |
| 8,90 | 1142,8200 | 1138,5200 | 1140,0610 | 1141,7020 | 1143,5430 | 1145,3840 | 1147,2250 | 1149,0660 | 1150,9070 | 1152,7480 |
| 9,00 | 1199,2600 | 1194,9600 | 1196,5010 | 1198,1420 | 1200,0830 | 1201,9240 | 1203,7650 | 1205,6060 | 1207,4470 | 1209,2880 |

Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  in  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  bei  $T_{90}$  in K





### 3.05 Verschiedene Eigenschaften einiger gebräuchlicher Apparat- und Thermometergläser – Various properties of commonly used laboratory and thermometer glasses (W. Hemminger)

| Glassorte und Hersteller  | K | $\rho_{20\text{ °C}}$<br>in<br>$\text{g cm}^{-3}$ | $E_{20\text{ °C}}$<br>in<br>$10^3 \text{ N/mm}^2$ | $\bar{\alpha}_{(20\text{ °C}; 300\text{ °C})}$<br>in<br>$10^{-6} \text{ K}^{-1}$ | $\lambda_{20\text{ °C}}$<br>in<br>$\text{W(m K)}^{-1}$ | $c_{20\text{ °C}}$<br>in<br>$\text{J(g K)}^{-1}$ | $t_g$<br>in<br>$^{\circ}\text{C}$ | $t_{K,100}$<br>in<br>$^{\circ}\text{C}$ |
|---|---|---|---|--|--|--|-----------------------------------|---|
| <i>Apparatgläser:</i>   |   |   |   |  |  |  |                                   |   |
| Alkaliborosilicat Nr. 2877 (Geräteglas 20), Schott Glaswerke              | 1 | 2,40  | 75  | 4,9  | 1,19   |  | 570 (450)                         | 195                                     |
| Duran 50 Nr. 8330, Schott Glaswerke                                       | 1 | 2,23  | 63  | 3,30   | 1,16   | 0,80   | 530                               | 248                                     |
| Suprax Nr. 8486, Schott Glaswerke   | 1 | 2,34  | 66  | 4,15   | 1,14   |  | 550                               |   |
| Suprax Nr. 8488, Schott Glaswerke   | 1 | 2,31  | 67  | 4,3  | 1,20   |  | 540                               |   |
| Pyrex Borosilicatglas, Corning  | 1 | 2,23  | 65  | 3,3  | 1,13   | 0,75   | 560                               | 180                                     |
| Rasotherm   | 1 | 2,23  | 65  | 3,3  |  |  | 520                               |   |
| Labortherm 1  | 1 | 2,37  |   | 4,9  |  |  |                                   |   |
| <i>Thermometergläser:</i>   |   |   |   |  |  |  |                                   |   |
| Normalglas 16 <sup>III</sup> Schott Glaswerke (1 roter Streifen)          | 3 | 2,48  | 74  | 8,80   | 1,00   | 0,8  | 540 (430)                         | 128                                     |
| Thermometer-Spezialglas Nr. 2954, Schott Glaswerke (1 schwarzer Streifen) | 1 | 2,42  | 74  | 6,58   | 1,09   | 0,8  | 590 (480)                         | 145                                     |
| Supremax Nr. 8409, Schott Glaswerke                                       | 1 | 2,56  | 90  | 4,1  | 1,16   |  | 730 (630)                         | 535                                     |
| Borosilicatglas Nr. 8800, Corning   |   | 2,39  |   |  |  |  | 570                               |   |
| Quarzglas   | 1 | 2,2   | 70  | 0,58   | 1,36   | 0,71   | 1080                              | 600                                     |
| ULE-Glas Nr. 7971, Corning  |   |   |   | 0,035 <sup>†</sup> )   |  |  |                                   |   |

K Hydrolitische Klasse nach der Standardgießmethode (DIN 12111),  $\rho_{20\text{ °C}}$  Dichte bei 20 °C,  $E_{20\text{ °C}}$  Elastizitätsmodul bei 20 °C,  $\bar{\alpha}_{(20\text{ °C}; 300\text{ °C})}$  mittlerer linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient zwischen 20 °C und 300 °C,  $\lambda_{20\text{ °C}}$  Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C,  $c_{20\text{ °C}}$  spez. Wärmekapazität bei 20°,  $t_g$  Transformationstemperatur (Aufheizgeschwindigkeit 4 K/min) (die Zahlen in Klammern geben die höchstzulässigen Gebrauchstemperaturen für Thermometer aus dem betreffenden Glas an),  $t_{K,100}$  Temperatur für den spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho = 10^8 \Omega \text{ cm}$  (DIN 52326)

<sup>†</sup>) zwischen 0 °C und 105 °C

### 3.06 Kältemischungen aus Eis und verschiedenen Salzen – Eutectic salt-ice mixtures (W. Blanke)

| Salz                            | Zusammensetzung                     |                       | Eutektische Temperatur in °C | Salz              | Zusammensetzung                     |                       | Eutektische Temperatur in °C |
|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------|
|                                 | Salz (wasserfrei) Massenanteil in % | Eis Massenanteil in % |                              |                   | Salz (wasserfrei) Massenanteil in % | Eis Massenanteil in % |                              |
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | 6,0                                 | 94,0                  | - 2                          | NaCl              | 22,9                                | 77,1                  | -21                          |
| MgSO <sub>4</sub>               | 16,0                                | 84,0                  | - 4                          | MgCl <sub>2</sub> | 14,0                                | 86,0                  | -34                          |
| KCl                             | 18,9                                | 81,1                  | -11                          | CaCl <sub>2</sub> | 30,2                                | 69,8                  | -50                          |
| NH <sub>4</sub> Cl              | 14,0                                | 86,0                  | -15                          | KOH               | 30,9                                | 69,1                  | -63                          |

### 3.07 Dichte des Quecksilbers als Funktion der Celsiusstemperatur bei 101,325 kPa – Density of mercury as a function of the Celsius temperature at 101,325 kPa (F. Spieweck)

| Dichte $\rho$ in kg/m <sup>3</sup> , Temperatur in °C (ITS-90) |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |  | Mittelwert<br>$\Delta\rho/\Delta t$<br>kg/(m <sup>3</sup> K) | Unsicherheit<br>kg/m <sup>3</sup> |  |
|--|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|-----------------------------------|--|
| $t/^\circ\text{C}$   | -20      | -19      | -18      | -17       | -16      | -15      | -14      | -13      | -12      | -11      |  |  |                                   |  |
|  | 13644,61 | 13642,13 | 13639,64 | 13637,16  | 13634,68 | 13632,20 | 13629,72 | 13627,24 | 13624,76 | 13622,28 |  | 2,48   | 0,3                               |  |
| $t/^\circ\text{C}$   | -10      | -9       | -8       | -7        | -6       | -5       | -4       | -3       | -2       | -1       |  |  |                                   |  |
|  | 13619,81 | 13617,33 | 13614,86 | 13612,380 | 13609,91 | 13607,44 | 13604,96 | 13602,49 | 13600,02 | 13597,55 |  | 2,47   | 0,04                              |  |
| $t/^\circ\text{C}$   | 0        | 1        | 2        | 3         | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        |  |  |                                   |  |
|  | 13595,08 | 13592,61 | 13590,15 | 13587,68  | 13585,21 | 13582,75 | 13580,28 | 13577,82 | 13575,36 | 13572,89 |  | 2,46   | 0,02                              |  |
| 10   | 13570,43 | 13567,97 | 13565,51 | 13563,05  | 13560,59 | 13558,13 | 13555,68 | 13553,22 | 13550,76 | 13548,31 |  | 2,46   | 0,01                              |  |
| 20   | 13545,85 | 13543,40 | 13540,95 | 13538,49  | 13536,04 | 13533,59 | 13531,14 | 13528,69 | 13526,24 | 13523,79 |  | 2,45   | 0,01                              |  |
| 30   | 13521,34 | 13518,90 | 13516,45 | 13514,00  | 13511,56 | 13509,11 | 13506,67 | 13504,23 | 13501,78 | 13499,34 |  | 2,44   | 0,02                              |  |
| 40   | 13496,90 | 13494,46 | 13492,02 | 13489,58  | 13487,14 | 13484,70 | 13482,26 | 13479,83 | 13477,39 | 13474,95 |  | 2,44   | 0,04                              |  |
| 50   | 13472,52 | 13470,08 | 13467,65 | 13465,21  | 13462,78 | 13460,35 | 13457,92 | 13455,48 | 13453,05 | 13450,62 |  | 2,43   | 0,04                              |  |
| 60   | 13448,19 | 13445,76 | 13443,34 | 13440,91  | 13438,48 | 13436,05 | 13433,63 | 13431,20 | 13428,77 | 13426,35 |  | 2,43   | 0,06                              |  |
| 70   | 13423,93 | 13421,50 | 13419,08 | 13416,66  | 13414,23 | 13411,81 | 13409,39 | 13406,97 | 13404,55 | 13402,13 |  | 2,42   | 0,06                              |  |
| 80   | 13399,71 | 13397,29 | 13394,87 | 13392,45  | 13390,04 | 13387,62 | 13385,20 | 13382,79 | 13380,37 | 13377,96 |  | 2,42   | 0,08                              |  |
| 90   | 13375,54 | 13373,13 | 13370,72 | 13368,30  | 13365,89 | 13363,48 | 13361,07 | 13358,65 | 13356,24 | 13353,83 |  | 2,41   | 0,08                              |  |
| $t/^\circ\text{C}$   | 00       | 10       | 20       | 30        | 40       | 50       | 60       | 70       | 80       | 90       |  |  |                                   |  |
|  | 13351,42 | 13327,3  | 13303,3  | 13279,3   | 13255,3  | 13231,4  | 13207,5  | 13183,6  | 13159,7  | 13135,9  |  | 2,40   | 0,1                               |  |
| 200  | 13112,0  | 13088,2  | 13064,4  | 13040,6   | 13016,8  | 12992,9  | 12969,1  | 12945,3  | 12921,4  | 12897,5  |  | 2,38   | 0,2                               |  |
| 300  | 12873,6  |          |          |           |          |          |          |          |          |          |  |  | 0,2                               |  |

Literatur: Ambrose, D. (1990): The density of mercury, Metrologia 27, 245–247. Die Formel zur Berechnung der Tab. T 3.07 ist in 3.2.2.1 angegeben.

### 3.08 Isotherme Kompressibilität von Quecksilber – Isothermal compressibility of mercury (G. Klingsberg)

Die Tabelle enthält Werte der mittleren isothermen Kompressibilität  $-\frac{1}{v} \frac{\Delta v}{\Delta p} \cdot 10^6$  in  $\text{bar}^{-1}$  für die angegebenen Druckintervalle. Werte nach Bett, K.E. u.a. (1954): Brit. J. appl. Phys. **5**, 243–251. Literaturübersicht: Holmann, G.J.F.; ten Seldam, C.A. (1994): J. Phys. Chem. Ref. Data **23**, 807–827

| $t$                                | Druckintervall $\Delta p$ in bar |               |               |               |               |               |               |               |               |                 |                 |                 |
|------------------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $^{\circ}\text{C}$                 | 0 bis 1000                       | 1000 bis 2000 | 2000 bis 3000 | 3000 bis 4000 | 4000 bis 5000 | 5000 bis 6000 | 6000 bis 7000 | 7000 bis 8000 | 8000 bis 9000 | 9 000 bis 10000 | 10000 bis 11000 | 11000 bis 12000 |
| -30                                | 3,72                             |               |               |               |               |               |               |               |               |                 |                 |                 |
| -20                                | 3,77                             | 3,57          |               |               |               |               |               |               |               |                 |                 |                 |
| -10                                | 3,82                             | 3,67          | 3,57          | 3,47          | 3,37          |               |               |               |               |                 |                 |                 |
| 0                                  | 3,87                             | 3,72          | 3,62          | 3,52          | 3,42          | 3,31          | 3,21          |               |               |                 |                 |                 |
| 10                                 | 3,91                             | 3,77          | 3,67          | 3,57          | 3,45          | 3,34          | 3,26          | 3,16          |               |                 |                 |                 |
| 20                                 | 3,93                             | 3,82          | 3,67          | 3,57          | 3,47          | 3,38          | 3,26          | 3,21          | 3,11          |                 |                 |                 |
| 30                                 | 3,98                             | 3,87          | 3,72          | 3,62          | 3,52          | 3,42          | 3,31          | 3,26          | 3,16          | 3,1             |                 |                 |
| 40                                 | 4,03                             | 3,93          | 3,77          | 3,67          | 3,57          | 3,47          | 3,37          | 3,26          | 3,21          | 3,1             | 3,1             | 3,1             |
| 50                                 | 4,08                             | 3,98          | 3,82          | 3,72          | 3,62          | 3,52          | 3,37          | 3,31          | 3,22          | 3,2             | 3,1             | 3,1             |
| 100                                | 4,33                             | 4,18          | 4,08          | 3,93          | 3,77          | 3,67          | 3,57          | 3,47          | 3,37          | 3,3             | 3,2             | 3,1             |
| 150                                | 4,6                              | 4,5           | 4,3           | 4,2           | 4,1           | 4,1           | 4,1           | 3,6           | 3,6           | 3,3             | 3,2             | 3,1             |
| Standardabweichung<br>kleiner als: |                                  | 0,25          |               | 0,50          |               | 0,75          |               | 1,00          |               | 1,25            |                 | 1,50            |

### 3.09 Dichte von luftfreiem Wasser bei 101,325 kPa als Funktion der Celsiusstemperatur – Density of water (air-free) at 101,325 kPa as a function of the Celsius temperature (F. Spieweck)

Die Werte dieser Tabelle wurden nach einer Formel von Kell, G.S. (1975): J. Chem. & Eng. Data 20, 97–105, mit den von Bettin, H.; Spieweck, F. (1990): PTB-Mitteilungen 100, 195–196, auf die ITS-90 umgerechneten Koeffizienten erstellt. Die Formel zur Berechnung von Tab. T 3.09 ist in 3.2.2.1 angegeben.

| $t$ | Dichte $\rho$ in kg/m <sup>3</sup> |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Mittelwert<br>$\Delta\rho/\Delta t$<br>kg/(m <sup>3</sup> K) | $\Delta\rho$<br>luftgesättigt<br>–<br>luftfrei<br>kg/m <sup>3</sup> |
|-----|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| °C  | 0,0                                | 0,1     | 0,2     | 0,3     | 0,4     | 0,5     | 0,6     | 0,7     | 0,8     | 0,9     |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 0   | 999,840                            | 999,846 | 999,853 | 999,859 | 999,865 | 999,871 | 999,877 | 999,883 | 999,888 | 999,893 | –0,005 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 1   | 999,899                            | 999,903 | 999,908 | 999,913 | 999,917 | 999,921 | 999,925 | 999,929 | 999,933 | 999,937 | –0,005 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 2   | 999,940                            | 999,943 | 999,946 | 999,949 | 999,952 | 999,954 | 999,956 | 999,959 | 999,961 | 999,963 | –0,004 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 3   | 999,964                            | 999,966 | 999,967 | 999,968 | 999,969 | 999,970 | 999,971 | 999,971 | 999,972 | 999,972 | –0,004 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 4   | 999,972                            | 999,972 | 999,972 | 999,971 | 999,971 | 999,970 | 999,969 | 999,968 | 999,967 | 999,965 | –0,004 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 5   | 999,964                            | 999,962 | 999,960 | 999,958 | 999,956 | 999,954 | 999,951 | 999,949 | 999,946 | 999,943 | –0,004 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 6   | 999,940                            | 999,937 | 999,934 | 999,930 | 999,926 | 999,923 | 999,919 | 999,915 | 999,910 | 999,906 | –0,004 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 7   | 999,901                            | 999,897 | 999,892 | 999,887 | 999,882 | 999,877 | 999,871 | 999,866 | 999,860 | 999,854 | –0,004 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 8   | 999,848                            | 999,842 | 999,836 | 999,829 | 999,823 | 999,816 | 999,809 | 999,802 | 999,795 | 999,788 | –0,004 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 9   | 999,781                            | 999,773 | 999,766 | 999,758 | 999,750 | 999,742 | 999,734 | 999,725 | 999,717 | 999,708 | –0,004 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 10  | 999,699                            | 999,691 | 999,682 | 999,672 | 999,663 | 999,654 | 999,644 | 999,635 | 999,625 | 999,615 | –0,004 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 11  | 999,605                            | 999,595 | 999,584 | 999,574 | 999,563 | 999,553 | 999,542 | 999,531 | 999,520 | 999,508 | –0,003 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 12  | 999,497                            | 999,486 | 999,474 | 999,462 | 999,450 | 999,438 | 999,426 | 999,414 | 999,402 | 999,389 | –0,003 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 13  | 999,377                            | 999,364 | 999,351 | 999,338 | 999,325 | 999,312 | 999,299 | 999,285 | 999,271 | 999,258 | –0,003 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 14  | 999,244                            | 999,230 | 999,216 | 999,202 | 999,187 | 999,173 | 999,158 | 999,144 | 999,129 | 999,114 | –0,003 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 15  | 999,099                            | 999,084 | 999,069 | 999,053 | 999,038 | 999,022 | 999,006 | 998,991 | 998,975 | 998,959 | –0,003 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 16  | 998,942                            | 998,926 | 998,910 | 998,893 | 998,876 | 998,860 | 998,843 | 998,826 | 998,809 | 998,792 | –0,003 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 17  | 998,774                            | 998,757 | 998,739 | 998,722 | 998,704 | 998,686 | 998,668 | 998,650 | 998,632 | 998,613 | –0,003 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 18  | 998,595                            | 998,576 | 998,558 | 998,539 | 998,520 | 998,501 | 998,482 | 998,463 | 998,443 | 998,424 | –0,003 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 19  | 998,404                            | 998,385 | 998,365 | 998,345 | 998,325 | 998,305 | 998,285 | 998,265 | 998,244 | 998,224 | –0,003 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 20  | 998,203                            | 998,182 | 998,162 | 998,141 | 998,120 | 998,099 | 998,077 | 998,056 | 998,035 | 998,013 | –0,002 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 21  | 997,991                            | 997,970 | 997,948 | 997,926 | 997,904 | 997,882 | 997,859 | 997,837 | 997,815 | 997,792 | –0,002 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |



### 3.10 Isotherme Kompressibilität von Wasser – Isothermal compressibility of water (G. Klöngenberg)

Es ist  $10^6 \kappa_T$  in  $\text{bar}^{-1}$  als Funktion der Celsius-temperatur  $t$  und des Überdrucks  $p_c$  angegeben, vgl. 3.2.2.3. Werte nach Chen, C.T. u.a. (1977): J. Chem. Phys. **66**, 2142–2144

Literaturübersicht: Sato, H. u.a. (1991): J. Phys. Chem. Ref. Data **20**, 1035–1037

| $t$<br>°C | $p_c$ in bar |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 0            | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600   | 800   | 1000  |
| 0         | 50,89        | 49,48 | 48,12 | 46,81 | 45,54 | 44,31 | 43,13 | 40,87 | 38,75 |
| 10        | 47,81        | 46,56 | 45,36 | 44,21 | 43,09 | 42,01 | 40,98 | 39,01 | 37,17 |
| 20        | 45,89        | 44,73 | 43,61 | 42,54 | 41,51 | 40,51 | 39,56 | 37,76 | 36,08 |
| 25        | 45,25        | 44,11 | 43,01 | 41,96 | 40,96 | 39,99 | 39,06 | 37,31 | 35,68 |
| 30        | 44,77        | 43,64 | 42,56 | 41,53 | 40,54 | 39,59 | 38,67 | 36,96 | 35,37 |
| 40        | 44,24        | 43,11 | 42,04 | 41,01 | 40,03 | 39,09 | 38,19 | 36,51 | 34,97 |
| 50        | 44,17        | 43,02 | 41,93 | 40,88 | 39,89 | 38,94 | 38,04 | 36,36 | 34,82 |
| 60        | 44,50        | 43,30 | 42,16 | 41,08 | 40,06 | 39,08 | 38,16 | 36,44 | 34,89 |
| 70        | 45,16        | 43,89 | 42,69 | 41,56 | 40,49 | 39,48 | 38,52 | 36,75 | 35,16 |
| 80        | 46,14        | 44,78 | 43,51 | 42,30 | 41,17 | 40,10 | 39,09 | 37,25 | 35,60 |
| 90        | 47,43        | 45,96 | 44,58 | 43,29 | 42,08 | 40,94 | 39,88 | 37,93 | 36,20 |
| 100       | 49,02        | 47,41 | 45,92 | 44,52 | 43,21 | 41,99 | 40,85 | 38,77 | 36,94 |

### 3.11 Verschiedene Eigenschaften von Wasser und Wasserdampf bei 0,1 MPa – Some properties of water and steam at 0,1 MPa (W. Blanke)

| $t_{90}$<br>°C | $v$<br>$\text{m}^3/\text{kg}$ | $c_p$<br>$\text{kJ}/\text{kg K}$ | $\eta$<br>$10^{-6} \text{ Pa s}$ | $\nu$<br>$10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ | $\lambda$<br>$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | $a$<br>$10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ | $Pr$  | $c_s$<br>$\text{m/s}$ |
|----------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|---|---------------------------------------|-------|-----------------------|
| 0              | 0,00100016                    | 4,2204                           | 1791                             | 1,791                                   | 0,561   | 0,133                                 | 13,46 | 1412                  |
| 10             | 0,00100030                    | 4,1937                           | 1308                             | 1,308                                   | 0,580   | 0,138                                 | 9,45  | 1454                  |
| 20             | 0,00100180                    | 4,1829                           | 1003                             | 1,005                                   | 0,599   | 0,143                                 | 7,01  | 1488                  |
| 30             | 0,00100438                    | 4,1791                           | 797,7                            | 0,8012                                  | 0,616   | 0,148                                 | 5,41  | 1512                  |
| 40             | 0,00100785                    | 4,1788                           | 653,1                            | 0,6582                                  | 0,631   | 0,152                                 | 4,33  | 1528                  |
| 50             | 0,00101212                    | 4,1805                           | 547,1                            | 0,5537                                  | 0,644   | 0,156                                 | 3,55  | 1537                  |
| 60             | 0,00101710                    | 4,1839                           | 466,8                            | 0,4748                                  | 0,654   | 0,159                                 | 2,99  | 1541                  |
| 70             | 0,00102275                    | 4,1890                           | 404,5                            | 0,4137                                  | 0,663   | 0,162                                 | 2,56  | 1541                  |
| 80             | 0,00102903                    | 4,1957                           | 355,0                            | 0,3653                                  | 0,670   | 0,164                                 | 2,22  | 1537                  |
| 90             | 0,00103594                    | 4,2044                           | 315,0                            | 0,3263                                  | 0,675   | 0,166                                 | 1,96  | 1530                  |
| 99,606         | 0,00103416                    | 4,2147                           | 283,4                            | 0,2956                                  | 0,679   | 0,168                                 | 1,76  | 1523                  |
| 99,606         | 1,69452                       | 2,0742                           | 12,28                            | 20,81                                   | 0,0251  | 20,5                                  | 1,015 | 477                   |
| 100            | 1,69645                       | 2,0725                           | 12,28                            | 20,83                                   | 0,0251  | 20,9                                  | 1,014 | 477                   |
| 120            | 1,79366                       | 2,0130                           | 13,03                            | 23,36                                   | 0,0265  | 23,7                                  | 0,990 | 486                   |
| 140            | 1,88945                       | 1,9859                           | 13,80                            | 26,07                                   | 0,0280  | 26,7                                  | 0,979 | 498                   |
| 160            | 1,98436                       | 1,9744                           | 14,58                            | 28,93                                   | 0,0297  | 29,8                                  | 0,970 | 510                   |
| 180            | 2,07870                       | 1,9712                           | 15,38                            | 31,96                                   | 0,0314  | 33,1                                  | 0,965 | 522                   |
| 200            | 2,17263                       | 1,9729                           | 16,18                            | 35,15                                   | 0,0333  | 36,6                                  | 0,960 | 533                   |
| 250            | 2,40632                       | 1,9886                           | 18,22                            | 43,84                                   | 0,0382  | 46,2                                  | 0,949 | 560                   |
| 300            | 2,63901                       | 2,0123                           | 20,29                            | 53,55                                   | 0,0434  | 56,9                                  | 0,940 | 585                   |
| 350            | 2,87114                       | 2,0400                           | 22,37                            | 64,22                                   | 0,0490  | 69,1                                  | 0,931 | 609                   |
| 400            | 3,10292                       | 2,0700                           | 24,45                            | 75,87                                   | 0,0548  | 82,2                                  | 0,923 | 632                   |
| 450            | 3,33449                       | 2,1017                           | 26,52                            | 88,42                                   | 0,0608  | 96,6                                  | 0,916 | 653                   |
| 500            | 3,56591                       | 2,1346                           | 28,57                            | 101,85                                  | 0,0670  | 112,0                                 | 0,910 | 674                   |
| 550            | 3,79721                       | 2,1685                           | 30,61                            | 116,2                                   | 0,0734  | 128,6                                 | 0,904 | 694                   |
| 600            | 4,02841                       | 2,2030                           | 32,61                            | 131,4                                   | 0,0799  | 146,1                                 | 0,898 | 714                   |
| 650            | 4,25909                       | 2,2380                           | 34,60                            | 147,4                                   | 0,0866  | 164,8                                 | 0,893 | 732                   |
| 700            | 4,48902                       | 2,2730                           | 36,55                            | 164,1                                   | 0,0934  | 185                                   | 0,888 | 750                   |
| 750            | 4,71930                       | 2,3082                           | 38,48                            | 181,7                                   | 0,100   | 205                                   | 0,884 | 768                   |
| 800            | 4,95030                       | 2,3432                           | 40,37                            | 199,9                                   | 0,107   | 227                                   | 0,880 | 785                   |

$v$  spez. Volumen,  $c_p$  spez. isobare Wärmekapazität,  $\eta$  Viskosität,  $\nu$  kinematische Viskosität,  $\lambda$  Wärmeleitfähigkeit,  $a = \lambda/c_p \rho$  Temperaturleitfähigkeit,  $Pr = \nu/a = \eta c_p/\lambda$  Prandtl-Zahl,  $c_s$  Schallgeschwindigkeit

$v, c_p$ : Saul, A.; Wagner, W. (1989): A Fundamental Equation for Water Covering the Range from the Melting Line to 1273 K at Pressures up to 25 000 Mpa. J. Phys. Chem. Ref. Data **18**, Nr. 4, 1537–1564

Ausführliche Tafeln: Griggall, U. (Hrsg.) (1983): Properties of Water and Steam in SI-Units. 3rd. print., Berlin, Heidelberg, New York: Springer; München: Oldenbourg. – Elsner, N.; Fischer, S.; Klöngenberg, J. (1982): Thermophysikalische Stoffeigenschaften von Wasser. Leipzig: VEB Dt. Verlag f. Grundstoffind.

### 3.12 Eigenschaften von Wasser und Wasserdampf im Sättigungszustand – Properties of water and steam in the state of saturation (W. Blanke)

| $t_{90}$<br>°C | $p_s$<br>MPa | $\rho'$<br>kg/dm <sup>3</sup> | $\rho''$<br>kg/m <sup>3</sup> | $h'$<br>kJ/kg | $h''$<br>kJ/kg | $\Delta h_v$<br>kJ/kg | $\eta'$<br>μPa·s | $\eta''$<br>μPa·s | $\lambda'$<br>mW/m·K | $\lambda''$<br>mW/m·K | $\sigma$<br>mN/m |
|----------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|----------------|-----------------------|------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|------------------|
| 0,01           | 0,000612     | 0,9998                        | 0,00485                       | 0,00061       | 2500,5         | 2500,5                | 1791             | 9,22              | 561                  | 17,1                  | 75,65            |
| 10             | 0,001228     | 0,9997                        | 0,00941                       | 42,021        | 2519,3         | 2477,3                | 1308             | 9,46              | 580                  | 17,6                  | 74,22            |
| 20             | 0,002339     | 0,9982                        | 0,01731                       | 83,913        | 2537,7         | 2453,8                | 1003             | 9,73              | 598                  | 18,2                  | 72,74            |
| 30             | 0,004247     | 0,9956                        | 0,03041                       | 125,734       | 2555,7         | 2430,0                | 797,7            | 10,01             | 616                  | 18,9                  | 71,20            |
| 40             | 0,007385     | 0,9922                        | 0,05124                       | 167,534       | 2573,6         | 2406,1                | 653,1            | 10,31             | 631                  | 19,6                  | 69,90            |
| 50             | 0,012352     | 0,9880                        | 0,08315                       | 209,344       | 2591,3         | 2382,0                | 547,1            | 10,62             | 644                  | 20,4                  | 67,95            |
| 60             | 0,019947     | 0,9832                        | 0,1304                        | 251,183       | 2608,9         | 2357,7                | 466,8            | 10,94             | 654                  | 21,2                  | 66,24            |
| 70             | 0,03120      | 0,9777                        | 0,1984                        | 293,066       | 2626,2         | 2333,1                | 404,4            | 11,26             | 663                  | 22,2                  | 64,49            |
| 80             | 0,04742      | 0,9718                        | 0,2937                        | 335,012       | 2643,1         | 2308,1                | 355,0            | 11,60             | 670                  | 23,0                  | 62,68            |
| 90             | 0,07018      | 0,9653                        | 0,4239                        | 377,038       | 2659,7         | 2282,6                | 315,0            | 11,93             | 675                  | 24,0                  | 60,82            |
| 100            | 0,10142      | 0,9583                        | 0,5981                        | 419,163       | 2675,8         | 2256,6                | 282,2            | 12,28             | 679                  | 25,1                  | 58,92            |
| 110            | 0,14338      | 0,9509                        | 0,8268                        | 461,409       | 2691,3         | 2229,9                | 254,9            | 12,62             | 681                  | 26,2                  | 56,97            |
| 120            | 0,19867      | 0,9431                        | 1,1219                        | 503,802       | 2706,1         | 2202,3                | 232,1            | 12,97             | 683                  | 27,5                  | 54,97            |
| 130            | 0,27028      | 0,9348                        | 1,4968                        | 546,368       | 2720,3         | 2173,9                | 212,7            | 13,32             | 683                  | 28,8                  | 52,94            |
| 140            | 0,3615       | 0,9261                        | 1,9666                        | 589,139       | 2733,6         | 2144,5                | 196,1            | 13,67             | 683                  | 30,1                  | 50,86            |
| 150            | 0,4762       | 0,9170                        | 2,5479                        | 632,147       | 2746,0         | 2113,9                | 181,9            | 14,02             | 682                  | 31,6                  | 48,75            |
| 160            | 0,6182       | 0,9075                        | 3,2595                        | 675,430       | 2757,5         | 2082,1                | 169,5            | 14,37             | 680                  | 33,1                  | 46,60            |
| 170            | 0,7922       | 0,8975                        | 4,1221                        | 719,028       | 2767,9         | 2048,9                | 158,8            | 14,72             | 677                  | 34,7                  | 44,41            |
| 180            | 1,0028       | 0,8870                        | 5,1588                        | 762,984       | 2777,2         | 2014,2                | 149,3            | 15,07             | 673                  | 36,4                  | 42,20            |
| 190            | 1,2552       | 0,8761                        | 6,3954                        | 807,349       | 2785,2         | 1977,9                | 141,0            | 15,42             | 669                  | 38,2                  | 39,95            |
| 200            | 1,5549       | 0,8647                        | 7,8610                        | 852,17        | 2792,0         | 1939,8                | 133,6            | 15,78             | 663                  | 40,1                  | 37,7             |
| 210            | 1,9077       | 0,8527                        | 9,5884                        | 897,52        | 2797,2         | 1899,7                | 126,9            | 16,13             | 657                  | 42,1                  | 35,4             |
| 220            | 2,3196       | 0,8403                        | 11,615                        | 943,46        | 2800,9         | 1857,4                | 121,0            | 16,49             | 650                  | 44,2                  | 33,1             |
| 230            | 2,7971       | 0,8272                        | 13,985                        | 990,06        | 2802,8         | 1812,8                | 115,5            | 16,85             | 642                  | 46,2                  | 30,8             |
| 240            | 3,3470       | 0,8134                        | 16,748                        | 1037,41       | 2802,9         | 1765,5                | 110,5            | 17,22             | 632                  | 48,7                  | 28,4             |
| 250            | 3,9762       | 0,7990                        | 19,966                        | 1085,61       | 2800,9         | 1715,2                | 105,8            | 17,59             | 621                  | 51,3                  | 26,1             |
| 260            | 4,6923       | 0,7837                        | 23,711                        | 1134,79       | 2796,5         | 1661,7                | 101,5            | 17,98             | 610                  | 54,0                  | 23,7             |
| 270            | 5,5030       | 0,7676                        | 28,072                        | 1185,09       | 2789,6         | 1604,5                | 97,4             | 18,38             | 596                  | 57,1                  | 21,4             |
| 280            | 6,4166       | 0,7504                        | 33,164                        | 1236,69       | 2779,7         | 1543,0                | 93,4             | 18,80             | 581                  | 60,6                  | 19,0             |
| 290            | 7,4418       | 0,7321                        | 39,132                        | 1289,82       | 2766,4         | 1476,6                | 89,6             | 19,25             | 565                  | 64,7                  | 16,7             |
| 300            | 8,5879       | 0,7123                        | 46,171                        | 1344,77       | 2749,3         | 1404,6                | 85,8             | 19,7              | 548                  | 69,6                  | 14,4             |
| 310            | 9,8650       | 0,6909                        | 54,546                        | 1401,96       | 2727,6         | 1325,6                | 82,1             | 20,3              | 529                  | 77,2                  | 11,7             |
| 320            | 11,284       | 0,6673                        | 64,643                        | 1461,96       | 2700,3         | 1238,3                | 78,3             | 20,9              | 509                  | 83,8                  | 9,88             |
| 330            | 12,858       | 0,6409                        | 77,049                        | 1525,65       | 2665,9         | 1140,2                | 74,4             | 21,6              | 489                  | 94,7                  | 7,71             |
| 340            | 14,601       | 0,6106                        | 92,741                        | 1594,43       | 2621,9         | 1027,5                | 70,2             | 22,5              | 466                  | 110                   | 5,64             |
| 350            | 16,529       | 0,574                         | 113,56                        | 1670,96       | 2564,0         | 893,0                 | 65,7             | 23,7              | 445                  | 134                   | 3,68             |
| 360            | 18,666       | 0,528                         | 143,88                        | 1761,37       | 2481,6         | 720,2                 | 60,2             | 25,5              | 422                  | 179                   | 1,89             |
| 370            | 21,044       | 0,451                         | 201,91                        | 1890,85       | 2333,6         | 442,8                 | 51,4             | 29,4              | 424                  | 347                   | 0,40             |
| 373,946        | 22,064       | 0,322                         | 322,0                         | 2086,6        | 2086,6         | 0                     | 40,6             | 40,6              | 950                  | 950                   | 0,00             |

$p_s$  Dampfdruck (Sättigungsdruck),  $\rho$  Dichte,  $h$  Enthalpie,  $\eta$  Viskosität,  $\lambda$  Wärmeleitfähigkeit,  $\sigma$  Oberflächenspannung. Die Größen des siedenden Wassers sind durch einen Strich ('), die des gesättigten Dampfes durch zwei Striche (") gekennzeichnet.

$p_s, \rho, h, \Delta h_v$ : Wagner, W.; Pruß, A. (1993): International Equations for the Saturation Properties of Ordinary Water Substance. Revised according to the New International Temperature Scale of 1990. J. Phys. Chem. Ref. Data 22, Nr. 3, 783–787

Ausführliche Tafeln: Vgl. Bemerkungen zu Tab. T 3.11.



### 3.13 Dampfdruck und Dichte des gesättigten Wasserdampfes zwischen $-35^{\circ}\text{C}$ und $50^{\circ}\text{C}$ – Vapour pressure and density of saturated steam between $-35^{\circ}\text{C}$ and $50^{\circ}\text{C}$ (W. Scheibe)

| $t$<br>$^{\circ}\text{C}$ | $e_i$<br>mbar | $\rho_{vi}$<br>$\text{g}/\text{m}^3$ | $e_w$<br>mbar             | $\rho_{vw}$<br>$\text{g}/\text{m}^3$ | $t$<br>$^{\circ}\text{C}$            | $e_i$<br>mbar             | $\rho_{vi}$<br>$\text{g}/\text{m}^3$ | $e_w$<br>mbar                        | $\rho_{vw}$<br>$\text{g}/\text{m}^3$ |
|---------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| -35                       | 0,22          | 0,20                                 | 0,31                      | 0,29                                 | -13                                  | 1,99                      | 1,65                                 | 2,25                                 | 1,88                                 |
| -30                       | 0,38          | 0,34                                 | 0,51                      | 0,45                                 | -12                                  | 2,17                      | 1,80                                 | 2,44                                 | 2,03                                 |
| -25                       | 0,63          | 0,55                                 | 0,81                      | 0,70                                 | -11                                  | 2,38                      | 1,96                                 | 2,64                                 | 2,19                                 |
| -24                       | 0,70          | 0,61                                 | 0,88                      | 0,77                                 | -10                                  | 2,60                      | 2,14                                 | 2,86                                 | 2,36                                 |
| -23                       | 0,77          | 0,67                                 | 0,97                      | 0,84                                 | -9                                   | 2,84                      | 2,33                                 | 3,10                                 | 2,54                                 |
| -22                       | 0,85          | 0,73                                 | 1,05                      | 0,91                                 | -8                                   | 3,10                      | 2,53                                 | 3,35                                 | 2,74                                 |
| -21                       | 0,94          | 0,81                                 | 1,15                      | 0,99                                 | -7                                   | 3,38                      | 2,75                                 | 3,62                                 | 2,95                                 |
| -20                       | 1,03          | 0,88                                 | 1,25                      | 1,07                                 | -6                                   | 3,69                      | 2,99                                 | 3,91                                 | 3,17                                 |
| -19                       | 1,14          | 0,97                                 | 1,37                      | 1,17                                 | -5                                   | 4,01                      | 3,25                                 | 4,21                                 | 3,41                                 |
| -18                       | 1,25          | 1,06                                 | 1,49                      | 1,27                                 | -4                                   | 4,37                      | 3,52                                 | 4,54                                 | 3,66                                 |
| -17                       | 1,37          | 1,16                                 | 1,62                      | 1,37                                 | -3                                   | 4,76                      | 3,82                                 | 4,90                                 | 3,93                                 |
| -16                       | 1,51          | 1,27                                 | 1,76                      | 1,48                                 | -2                                   | 5,17                      | 4,14                                 | 5,28                                 | 4,22                                 |
| -15                       | 1,65          | 1,39                                 | 1,91                      | 1,60                                 | -1                                   | 5,62                      | 4,48                                 | 5,68                                 | 4,52                                 |
| -14                       | 1,81          | 1,52                                 | 2,08                      | 1,74                                 |                                      |                           |                                      |                                      |                                      |
| $t$<br>$^{\circ}\text{C}$ | $e_w$<br>mbar | $\rho_{vw}$<br>$\text{g}/\text{m}^3$ | $t$<br>$^{\circ}\text{C}$ | $e_w$<br>mbar                        | $\rho_{vw}$<br>$\text{g}/\text{m}^3$ | $t$<br>$^{\circ}\text{C}$ | $e_w$<br>mbar                        | $\rho_{vw}$<br>$\text{g}/\text{m}^3$ |                                      |
| 0                         | 6,11          | 4,85                                 | 17                        | 19,38                                | 14,47                                | 34                        | 53,23                                | 37,59                                |                                      |
| 1                         | 6,57          | 5,19                                 | 18                        | 20,64                                | 15,36                                | 35                        | 56,26                                | 39,61                                |                                      |
| 2                         | 7,06          | 5,56                                 | 19                        | 21,98                                | 16,30                                | 36                        | 59,45                                | 41,72                                |                                      |
| 3                         | 7,58          | 5,94                                 | 20                        | 23,39                                | 17,29                                | 37                        | 62,79                                | 43,93                                |                                      |
| 4                         | 8,13          | 6,36                                 | 21                        | 24,87                                | 18,33                                | 38                        | 66,30                                | 46,24                                |                                      |
| 5                         | 8,72          | 6,80                                 | 22                        | 26,44                                | 19,42                                | 39                        | 69,97                                | 48,65                                |                                      |
| 6                         | 9,35          | 7,26                                 | 23                        | 28,10                                | 20,57                                | 40                        | 73,81                                | 51,16                                |                                      |
| 7                         | 10,02         | 7,75                                 | 24                        | 29,85                                | 21,77                                | 41                        | 77,84                                | 53,79                                |                                      |
| 8                         | 10,73         | 8,27                                 | 25                        | 31,69                                | 23,04                                | 42                        | 82,05                                | 56,52                                |                                      |
| 9                         | 11,48         | 8,82                                 | 26                        | 33,63                                | 24,37                                | 43                        | 86,46                                | 59,38                                |                                      |
| 10                        | 12,28         | 9,40                                 | 27                        | 35,67                                | 25,76                                | 44                        | 91,08                                | 62,36                                |                                      |
| 11                        | 13,13         | 10,01                                | 28                        | 37,82                                | 27,23                                | 45                        | 95,90                                | 65,46                                |                                      |
| 12                        | 14,03         | 10,66                                | 29                        | 40,08                                | 28,76                                | 46                        | 100,94                               | 68,69                                |                                      |
| 13                        | 14,98         | 11,34                                | 30                        | 42,45                                | 30,37                                | 47                        | 106,21                               | 72,06                                |                                      |
| 14                        | 15,99         | 12,06                                | 31                        | 44,95                                | 32,05                                | 48                        | 111,71                               | 75,57                                |                                      |
| 15                        | 17,05         | 12,82                                | 32                        | 47,58                                | 33,82                                | 49                        | 117,45                               | 79,22                                |                                      |
| 16                        | 18,18         | 13,63                                | 33                        | 50,33                                | 35,66                                | 50                        | 123,45                               | 83,02                                |                                      |

$t$  Celsius Temperatur,  $e_i$  Dampfdruck (Sättigungsdruck) über Eis,  $e_w$  Dampfdruck (Sättigungsdruck) über Wasser,  $\rho_{vi}$  und  $\rho_{vw}$  Dichte des gesättigten Wasserdampfes über Eis bzw. Wasser

### 3.14a Siedetemperatur des Wassers in °C zwischen 86 und 110 kPa – Boiling temperature of water in °C for pressures between 86 and 110 kPa (W. Blanke)

Temperaturen in der Internationalen Temperaturskala von 1990 (ITS-90)

| $p$<br>kPa | 0,0     | 0,1     | 0,2     | 0,3     | 0,4     | 0,5     | 0,6     | 0,7     | 0,8     | 0,9     |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 86         | 95,444  | 95,475  | 95,507  | 95,539  | 95,570  | 95,602  | 95,633  | 95,665  | 95,696  | 95,728  |
| 87         | 95,759  | 95,790  | 95,822  | 95,853  | 95,884  | 95,915  | 95,947  | 95,978  | 96,009  | 96,040  |
| 88         | 96,071  | 96,102  | 96,133  | 96,164  | 96,195  | 96,226  | 96,257  | 96,288  | 96,319  | 96,350  |
| 89         | 96,381  | 96,411  | 96,442  | 96,473  | 96,503  | 96,534  | 96,565  | 96,595  | 96,626  | 96,657  |
| 90         | 96,687  | 96,718  | 96,748  | 96,778  | 96,809  | 96,839  | 96,870  | 96,900  | 96,930  | 96,960  |
| 91         | 96,991  | 97,021  | 97,051  | 97,081  | 97,111  | 97,141  | 97,172  | 97,202  | 97,232  | 97,262  |
| 92         | 97,292  | 97,322  | 97,351  | 97,381  | 97,411  | 97,441  | 97,471  | 97,501  | 97,530  | 97,560  |
| 93         | 97,590  | 97,619  | 97,649  | 97,679  | 97,708  | 97,738  | 97,767  | 97,797  | 97,826  | 97,856  |
| 94         | 97,885  | 97,915  | 97,944  | 97,974  | 98,003  | 98,032  | 98,061  | 98,091  | 98,120  | 98,149  |
| 95         | 98,178  | 98,207  | 98,237  | 98,266  | 98,295  | 98,324  | 98,353  | 98,382  | 98,411  | 98,440  |
| 96         | 98,469  | 98,498  | 98,527  | 98,555  | 98,584  | 98,613  | 98,642  | 98,671  | 98,699  | 98,728  |
| 97         | 98,757  | 98,785  | 98,814  | 98,843  | 98,871  | 98,900  | 98,928  | 98,957  | 98,985  | 99,014  |
| 98         | 99,042  | 99,071  | 99,099  | 99,127  | 99,156  | 99,184  | 99,212  | 99,241  | 99,269  | 99,297  |
| 99         | 99,325  | 99,353  | 99,382  | 99,410  | 99,438  | 99,466  | 99,494  | 99,522  | 99,550  | 99,578  |
| 100        | 99,606  | 99,634  | 99,662  | 99,690  | 99,718  | 99,745  | 99,773  | 99,801  | 99,829  | 99,857  |
| 101        | 99,884  | 99,912  | 99,940  | 99,967  | 99,995  | 100,023 | 100,050 | 100,078 | 100,105 | 100,133 |
| 102        | 100,160 | 100,188 | 100,215 | 100,243 | 100,270 | 100,298 | 100,325 | 100,352 | 100,380 | 100,407 |
| 103        | 100,434 | 100,462 | 100,489 | 100,516 | 100,543 | 100,570 | 100,598 | 100,625 | 100,652 | 100,679 |
| 104        | 100,706 | 100,733 | 100,760 | 100,787 | 100,814 | 100,841 | 100,868 | 100,895 | 100,922 | 100,949 |
| 105        | 100,976 | 101,002 | 101,029 | 101,056 | 101,083 | 101,110 | 101,136 | 101,163 | 101,190 | 101,216 |
| 106        | 101,243 | 101,270 | 101,296 | 101,323 | 101,349 | 101,376 | 101,402 | 101,429 | 101,455 | 101,482 |
| 107        | 101,508 | 101,535 | 101,561 | 101,588 | 101,614 | 101,640 | 101,667 | 101,693 | 101,719 | 101,745 |
| 108        | 101,772 | 101,798 | 101,824 | 101,850 | 101,876 | 101,903 | 101,929 | 101,955 | 101,981 | 102,007 |
| 109        | 102,033 | 102,059 | 102,085 | 102,111 | 102,137 | 102,163 | 102,189 | 102,215 | 102,241 | 102,266 |
| 110        | 102,292 | 102,318 | 102,344 | 102,370 | 102,395 | 102,421 | 102,447 | 102,473 | 102,498 | 102,524 |

### 3.14b Dampfdruck des Wassers in kPa für Temperaturen zwischen 90 und 104 °C – Vapour pressure of water in kPa for temperatures between 90 and 104 °C (W. Blanke)

| $t_{90}$<br>°C | 0,0    | 0,1    | 0,2    | 0,3    | 0,4    | 0,5    | 0,6    | 0,7    | 0,8    | 0,9    |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 90             | 70,18  | 70,45  | 70,72  | 70,99  | 71,26  | 71,53  | 71,80  | 72,07  | 72,34  | 72,62  |
| 91             | 72,89  | 73,17  | 73,44  | 73,72  | 74,00  | 74,28  | 74,56  | 74,84  | 75,12  | 75,40  |
| 92             | 75,69  | 75,97  | 76,25  | 76,54  | 76,83  | 77,12  | 77,40  | 77,69  | 77,98  | 78,28  |
| 93             | 78,57  | 78,86  | 79,16  | 79,45  | 79,75  | 80,04  | 80,34  | 80,64  | 80,94  | 81,24  |
| 94             | 81,54  | 81,84  | 82,15  | 82,45  | 82,76  | 83,06  | 83,37  | 83,68  | 83,99  | 84,30  |
| 95             | 84,61  | 84,92  | 85,23  | 85,55  | 85,86  | 86,18  | 86,49  | 86,81  | 87,13  | 87,45  |
| 96             | 87,77  | 88,09  | 88,42  | 88,74  | 89,06  | 89,39  | 89,72  | 90,04  | 90,37  | 90,70  |
| 97             | 91,03  | 91,36  | 91,69  | 92,03  | 92,36  | 92,70  | 93,03  | 93,37  | 93,71  | 94,05  |
| 98             | 94,39  | 94,73  | 95,07  | 95,42  | 95,76  | 96,11  | 96,45  | 96,80  | 97,15  | 97,50  |
| 99             | 97,85  | 98,20  | 98,56  | 98,91  | 99,27  | 99,62  | 99,98  | 100,34 | 100,70 | 101,06 |
| 100            | 101,42 | 101,78 | 102,14 | 102,51 | 102,87 | 103,24 | 103,61 | 103,98 | 104,35 | 104,72 |
| 101            | 105,09 | 105,46 | 105,84 | 106,21 | 106,59 | 106,97 | 107,35 | 107,73 | 108,11 | 108,49 |
| 102            | 108,87 | 109,26 | 109,64 | 110,03 | 110,42 | 110,81 | 111,20 | 111,59 | 111,98 | 112,37 |
| 103            | 112,77 | 113,16 | 113,56 | 113,96 | 114,36 | 114,76 | 115,16 | 115,56 | 115,97 | 116,37 |
| 104            | 116,78 | 117,18 | 117,59 | 118,00 | 118,41 | 118,82 | 119,24 | 119,65 | 120,07 | 120,48 |

Quelle: Wagner, W.; Pruß, A. (1993): International Equations for the Saturation Properties of Ordinary Water Substance. Revised according to the New International Temperature Scale of 1990. – J. Phys. Chem. Ref. Data 22, Nr. 3, 783–787

### 3.15 Spezifische Wärmekapazität $c_p$ des Wassers in kJ/(kg K) bei 0,1 MPa – Specific heat $c_p$ of water in kJ/(kg K) at 0,1 MPa (W. Blanke)

| $t_{90}$<br>°C | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0              | 4,2204 | 4,2165 | 4,2130 | 4,2098 | 4,2068 | 4,2041 | 4,2016 | 4,1994 | 4,1973 | 4,1954 |
| 10             | 4,1937 | 4,1921 | 4,1907 | 4,1893 | 4,1881 | 4,1870 | 4,1860 | 4,1851 | 4,1843 | 4,1836 |
| 20             | 4,1829 | 4,1823 | 4,1818 | 4,1813 | 4,1808 | 4,1804 | 4,1801 | 4,1798 | 4,1795 | 4,1793 |
| 30             | 4,1791 | 4,1790 | 4,1788 | 4,1787 | 4,1787 | 4,1786 | 4,1786 | 4,1786 | 4,1787 | 4,1787 |
| 40             | 4,1788 | 4,1789 | 4,1790 | 4,1791 | 4,1793 | 4,1794 | 4,1796 | 4,1798 | 4,1800 | 4,1803 |
| 50             | 4,1805 | 4,1808 | 4,1811 | 4,1814 | 4,1817 | 4,1820 | 4,1824 | 4,1827 | 4,1831 | 4,1835 |
| 60             | 4,1839 | 4,1843 | 4,1848 | 4,1853 | 4,1857 | 4,1862 | 4,1867 | 4,1873 | 4,1878 | 4,1884 |
| 70             | 4,1890 | 4,1895 | 4,1902 | 4,1908 | 4,1914 | 4,1921 | 4,1928 | 4,1935 | 4,1942 | 4,1950 |
| 80             | 4,1957 | 4,1965 | 4,1973 | 4,1981 | 4,1989 | 4,1998 | 4,2007 | 4,2016 | 4,2025 | 4,2034 |
| 90             | 4,2044 | 4,2054 | 4,2064 | 4,2074 | 4,2084 | 4,2095 | 4,2106 | 4,2117 | 4,2128 | 4,2140 |
| 99,606         | 4,2147 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |

Quelle: Saul, A.; Wagner, W. (1989): A Fundamental Equation for Water Covering the Range from the Melting Line to 1273 K at Pressures up to 25 000 MPa. J. Phys. Chem. Ref. Data **18**, Nr. 4, 1537–1564.

### 3.16 Dichte der trockenen und feuchten Luft – Density of dry and humid air (M. Kochsiek)

Nach der vom Comité International des Poids et Mesures empfohlenen Formel (Formel für die Bestimmung feuchter Luft, PTB-Mitt. **89** (1979) 271–280 sowie Metrologia **29** (1992) 67–70) ergibt sich für die Dichte feuchter Luft die Zahlenwertgleichung

$$\rho = [3,48349 + 0,0144(x_{\text{CO}_2} - 0,04)] \cdot 10^{-3} \frac{p}{ZT} (1 - 0,378x_v)$$

mit  $\rho$  Dichte feuchter Luft in  $\text{kg/m}^3$ ,  $p$  Luftdruck in Pa,  $T$  Lufttemperatur in K,  $x_{\text{CO}_2}$  Volumengehalt an  $\text{CO}_2$  in %,  $x_v$  Molanteil des Wasserdampfes,  $Z$  Realgasfaktor ( $Z = 0,9996$  bis  $0,9997$  im Temperatur- und Druckbereich der folgenden Tabelle).

Diese Gleichung läßt sich auch in der Form

$$\rho = (\rho_{\text{tr}} + \varphi A)[1 + 0,0041(x_{\text{CO}_2} - 0,04)]$$

schreiben. Hierin bedeuten  $\rho_{\text{tr}}$  die Dichte der trockenen Referenzluft ( $x_v = 0$ ,  $x_{\text{CO}_2} = 0,04\%$ ) in  $\text{kg/m}^3$ ,  $\varphi$  die relative Luftfeuchte (als Dezimalbruch geschrieben),  $A$  den von der Temperatur abhängigen Feuchtekorrekturfaktor in  $\text{kg/m}^3$ .

Die Zusammensetzung der trockenen Referenzluft ist in der folgenden Tabelle gegeben:

| Gas                        | N <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | Ar   | CO <sub>2</sub> | Ne     | He     | CH <sub>4</sub> | Kr     | H <sub>2</sub>    | N <sub>2</sub> O  | CO                |
|----------------------------|----------------|----------------|------|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Volumen-<br>gehalt<br>in % | 78,10          | 20,94          | 0,92 | 0,04            | 0,0018 | 0,0005 | 0,0002          | 0,0001 | $5 \cdot 10^{-5}$ | $3 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ |

Die Dichte  $\rho_{\text{tr}}$  der trockenen Referenzluft und der Feuchtekorrekturfaktor  $A$  können der unten stehenden Tabelle entnommen werden.

Beispiel:  $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $p = 1000$  mbar,  $\varphi = 0,50$  (50% rel. Luftfeuchte),  $x_{\text{CO}_2} = 0,06\%$ .

$$\rho = [1,1887 \text{ kg m}^{-3} + 0,50 (-10,47 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}) \cdot [1 + 0,0041 (0,06 - 0,04)]] = 1,1836 \text{ kg m}^{-3}$$

Fortsetzung T 3.16

| t<br>in °C | Dichte der trockenen Luft $\rho_{tr}$ in $\text{kg m}^{-3}$ bei folgenden Drücken in mbar |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | Feuchte-<br>Korrektur-<br>faktor A<br>in $\text{kg m}^{-3}$ |
|------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
|            | 930   | 940    | 950    | 960    | 970    | 980    | 990    | 1000   | 1010   | 1020   | 1030   | 1040   |   |
| 15         | 1,1247  | 1,1368 | 1,1489 | 1,1610 | 1,1731 | 1,1852 | 1,1973 | 1,2094 | 1,2215 | 1,2336 | 1,2457 | 1,2578 | $-7,77 \cdot 10^{-3}$                                       |
| 16         | 1,1208  | 1,1329 | 1,1450 | 1,1570 | 1,1691 | 1,1811 | 1,1932 | 1,2052 | 1,2173 | 1,2294 | 1,2414 | 1,2535 | $-8,25 \cdot 10^{-3}$                                       |
| 17         | 1,1170  | 1,1290 | 1,1410 | 1,1530 | 1,1650 | 1,1770 | 1,1891 | 1,2011 | 1,2131 | 1,2251 | 1,2371 | 1,2491 | $-8,77 \cdot 10^{-3}$                                       |
| 18         | 1,1131  | 1,1251 | 1,1371 | 1,1490 | 1,1610 | 1,1730 | 1,1850 | 1,1969 | 1,2089 | 1,2209 | 1,2329 | 1,2448 | $-9,30 \cdot 10^{-3}$                                       |
| 19         | 1,1093  | 1,1212 | 1,1332 | 1,1451 | 1,1570 | 1,1690 | 1,1809 | 1,1928 | 1,2048 | 1,2167 | 1,2286 | 1,2406 | $-9,87 \cdot 10^{-3}$                                       |
| 20         | 1,1055  | 1,1174 | 1,1293 | 1,1412 | 1,1531 | 1,1650 | 1,1769 | 1,1887 | 1,2006 | 1,2125 | 1,2244 | 1,2363 | $-10,47 \cdot 10^{-3}$                                      |
| 21         | 1,1017  | 1,1136 | 1,1254 | 1,1373 | 1,1491 | 1,1610 | 1,1728 | 1,1847 | 1,1965 | 1,2084 | 1,2202 | 1,2321 | $-11,09 \cdot 10^{-3}$                                      |
| 22         | 1,0980  | 1,1098 | 1,1216 | 1,1334 | 1,1452 | 1,1570 | 1,1689 | 1,1807 | 1,1925 | 1,2043 | 1,2161 | 1,2279 | $-11,75 \cdot 10^{-3}$                                      |
| 23         | 1,0943  | 1,1061 | 1,1178 | 1,1296 | 1,1414 | 1,1531 | 1,1649 | 1,1767 | 1,1884 | 1,2002 | 1,2120 | 1,2238 | $-12,45 \cdot 10^{-3}$                                      |
| 24         | 1,0906  | 1,1023 | 1,1140 | 1,1258 | 1,1375 | 1,1492 | 1,1610 | 1,1727 | 1,1844 | 1,1962 | 1,2079 | 1,2196 | $-13,18 \cdot 10^{-3}$                                      |
| 25         | 1,0869  | 1,0986 | 1,1103 | 1,1220 | 1,1337 | 1,1454 | 1,1571 | 1,1688 | 1,1805 | 1,1921 | 1,2038 | 1,2155 | $-13,94 \cdot 10^{-3}$                                      |

3.17 Verschiedene Eigenschaften trockener Luft bei 0,1 MPa – Some properties of dry air at 0,1 MPa (W. Blanke)

| $t_{90}$<br>°C | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | $c_p$<br>kJ/kg K | $\lambda$<br>mW/K m | $a$<br>$10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ | $\eta$<br>$\mu\text{Pa s}$ | $\nu$<br>$10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ | Pr   |
|----------------|-----------------------------|------------------|---------------------|--------------------------------------|----------------------------|--|------|
| -100           | 2,0190                      | 1,011            | 16,4                | 8,04                                 | 11,8                       | 5,85                                   | 0,73 |
| -80            | 1,8077                      | 1,009            | 18,2                | 9,96                                 | 12,9                       | 7,14                                   | 0,72 |
| -60            | 1,6367                      | 1,007            | 19,8                | 12,0                                 | 14,1                       | 8,62                                   | 0,72 |
| -40            | 1,4954                      | 1,006            | 21,5                | 14,3                                 | 15,2                       | 10,17                                  | 0,71 |
| -20            | 1,3766                      | 1,006            | 23,0                | 16,6                                 | 16,1                       | 11,7                                   | 0,71 |
| 0              | 1,2754                      | 1,006            | 24,5                | 19,1                                 | 17,0                       | 13,3                                   | 0,70 |
| 20             | 1,1881                      | 1,007            | 26,0                | 21,7                                 | 18,1                       | 15,2                                   | 0,70 |
| 40             | 1,1119                      | 1,008            | 27,5                | 24,5                                 | 19,0                       | 17,1                                   | 0,70 |
| 60             | 1,0452                      | 1,009            | 28,9                | 27,5                                 | 20,0                       | 19,1                                   | 0,70 |
| 80             | 0,9858                      | 1,010            | 30,4                | 30,5                                 | 20,9                       | 21,2                                   | 0,69 |
| 100            | 0,9328                      | 1,012            | 31,9                | 33,8                                 | 21,8                       | 23,4                                   | 0,69 |
| 150            | 0,8226                      | 1,018            | 35,4                | 42,3                                 | 23,8                       | 28,9                                   | 0,68 |
| 200            | 0,7356                      | 1,026            | 38,9                | 51,5                                 | 25,8                       | 35,1                                   | 0,68 |
| 250            | 0,6653                      | 1,035            | 42,4                | 61,6                                 | 27,6                       | 41,5                                   | 0,67 |
| 300            | 0,6072                      | 1,046            | 45,9                | 72,3                                 | 29,3                       | 48,3                                   | 0,67 |
| 350            | 0,5585                      | 1,057            | 49,3                | 83,5                                 | 31,0                       | 55,5                                   | 0,67 |
| 400            | 0,5170                      | 1,069            | 52,6                | 95,2                                 | 32,6                       | 63,1                                   | 0,66 |
| 450            | 0,4813                      | 1,081            | 55,6                | 106,9                                | 33,1                       | 70,8                                   | 0,66 |
| 500            | 0,4502                      | 1,093            | 58,5                | 118,9                                | 35,6                       | 79,1                                   | 0,67 |

$t_{90}$  Celsiustemperatur,  $\rho$  Dichte,  $c_p$  isobare spez. Wärmekapazität,  $\lambda$  Wärmeleitfähigkeit,  $a = \lambda/c_p\rho$  Temperaturleitfähigkeit,  $\eta$  = Viskosität,  $\nu = \eta/\rho$  kinematische Viskosität,  $Pr = \nu/a$  Prandtl-Zahl

Literatur: Baehr, H.D.; Schmier, K. (1961): Die thermodynamischen Eigenschaften der Luft. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer; Carrol, D.L.; Lo, H.Y.; Stiel, L.I. (1968): Thermal conductivity of gaseous air at moderate and high pressures. J. Chem. Engng. Data 13, 53–57; Lo, H.Y.; Carrol, D.L.; Stiel, L.I. (1966): Viscosity of gaseous air at moderate and high pressures. J. Chem. Engng. Data 11, 540–544

### 3.18 Relative Luftfeuchte über gesättigten wässrigen Salzlösungen – Relative humidity of air over saturated salt-water solutions (W. Scheibe)

| Salz                              | $t$ in °C | 5  | 15 | 20 | 30 | 40 | Salz  | $t$ in °C | 5  | 15 | 20 | 30 | 40 |
|-----------------------------------|-----------|----|----|----|----|----|---|-----------|----|----|----|----|----|
| LiBr                              | 7         | 7  | 7  | 6  | 6  | 6  | KI  | 73        | 71 | 70 | 68 | 66 |    |
| ZnBr <sub>2</sub>                 | 9         | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | SrCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O           | 77        | 74 | 73 | 69 | –  |    |
| KOH                               | 14        | 11 | 9  | 7  | 6  | 6  | NaCl  | 76        | 76 | 75 | 75 | 75 |    |
| LiCl                              | –         | 13 | 12 | 12 | 11 | 11 | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 82        | 82 | 81 | 81 | 80 |    |
| CH <sub>3</sub> COOK              | –         | 23 | 23 | 22 | –  | –  | KBr   | 85        | 83 | 82 | 80 | 79 |    |
| MgCl <sub>2</sub>                 | 34        | 33 | 33 | 32 | 32 | 32 | KCl   | 88        | 86 | 85 | 84 | 82 |    |
| K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>    | 43        | 43 | 43 | 43 | –  | –  | KNO <sub>3</sub>                                | 96        | 95 | 95 | 92 | 89 |    |
| Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 59        | 57 | 54 | 51 | 48 | 48 | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                  | 98        | 98 | 98 | 97 | 96 |    |
| NaBr · 2H <sub>2</sub> O          | 64        | 61 | 60 | 56 | 53 | 53 |   |           |    |    |    |    |    |

Werte der relativen Luftfeuchte in Prozent.

Literatur: Greenspan (1977): J. Res. NBS **81 A**, 89–96

### 3.19a Längenausdehnungskoeffizient einiger Stoffe – Thermal coefficient of linear expansion for various substances (W. Gorski)

Mittlerer Längenausdehnungskoeffizient  $\bar{\alpha}$  ( $t_1$ ,  $t_2$ ) zwischen den Temperaturen  $t_1$  und  $t_2$ , ohne Temperaturangaben Längenausdehnungskoeffizient  $\alpha$  (20°C).

Genauere Angaben bei wichtigen Gebrauchsstoffen in Tab. T 3.19b. ||, ⊥: parallel bzw. senkrecht zur  $c$ -Achse bei Kristallen.

| Stoff                        | $t_1$<br>°C | $t_2$<br>°C | $10^6 \bar{\alpha}$ ( $t_1$ , $t_2$ )<br>K <sup>-1</sup> |          |
|------------------------------|-------------|-------------|--|----------|
| <i>Elemente:</i>             |             |             |  |          |
| Antimon                      | 0           | 20          | 16,2   | ⊥ 8,2    |
| Arsen (je nach Achsenwinkel) | 30          | 75          | 4  | bis 28,4 |
| Barium                       | 0           | 300         | 18   |          |
| Beryllium                    | 0           | 20          | 11,7   | ⊥ 8,6    |
| Bismut                       | 20          | 240         | 16,2   | ⊥ 12     |
| Bor                          | 20          | 750         | 8,3  |          |
| Cadmium                      | 20          | 100         | 56   | ⊥ 21,5   |
| Caesium                      | 0           | 26          | 95   |          |
| Calcium                      | 0           | 300         | 22   |          |
| Chrom                        | 0           | 100         | 6,6  |          |
| Cobalt                       | 20          | 100         | 12,5   |          |
| Europium                     | 0           | 100         | 36,4   |          |
| Indium                       | 0           | 100         | 30,3   |          |
| Iod                          | -190        | 17          | 84   |          |
| Kalium                       | 0           | 95          | 83   |          |
| Kohlenstoff (Diamant)        | 40          | 50          | 1,3  |          |
| Lanthan                      | 0           | 100         | 12,5   | ⊥ 1,3    |
| Lithium                      | 0           | 95          | 56   |          |
| Magnesium                    | 20          | 100         | 27,5   | ⊥ 26,1   |
| Mangan                       | 0           | 100         | 22,8   |          |
| Molybdän                     | 0           | 500         | 5,5  |          |
| Natrium                      | 0           | 95          | 71   |          |
| Neodym                       | 20          | 100         | 214  |          |
| Niob                         | 20          | 100         | 5,9  |          |
| Osmium                       |             |             | 6,6  |          |

## Fortsetzung T 3.19a

| Stoff  | $t_1$<br>°C | $t_2$<br>°C | $10^6 \bar{\alpha}(t_1, t_2)$<br>K <sup>-1</sup> |        |     |
|--|-------------|-------------|--|--------|-----|
| Phosphor, weiß                               | 0           | 40          | 125  |        |     |
| Rhenium                                      | 17          | 1920        | 12,45  | ⊥ 4,65 |     |
| Rubidium                                     | 0           | 38          | 90   |        |     |
| Ruthenium                                    | 50          | 50          | 8,8  | ⊥ 5,9  |     |
| Schwefel, rh. Achsen <i>a, b, c</i>          | 18          | 18          | 67; 78; 20                                       |        |     |
| Selen  | 0           | 100         | 66   |        |     |
| Tantal                                       | 20          | 100         | 7,7  |        |     |
| Tellur                                       |             |             | -1,6   | ⊥ 27   |     |
| Thallium                                     | 0           | 20          | 33,7   |        |     |
| Thorium                                      | 0           | 100         | 11,2   |        |     |
| Uran   | 0           | 100         | 15,9   |        |     |
| Zinn   | 15          | 50          | 32   | ⊥ 17   |     |
| Zirconium                                    | 40          | 40          | 4,5  | ⊥ 2,5  |     |
| <i>Gläser s. Tab. T 3.05</i>                 |             |             |  |        |     |
| <i>Keramische Kunststoffe:</i>               |             |             |  |        |     |
| Email  | 20          | 400         | 4  | bis    | 12  |
| Magnesia, gesintert                          |             |             | 8  | bis    | 10  |
| Marquardsche Masse                           | 20          | 100         | 4  |        |     |
| Nernstmasse                                  | 18          | 2000        | 10,5   |        |     |
| Porzellan                                    | 0           | 100         | 3  | bis    | 4   |
| Pythagorasmasse                              | 20          | 1000        | 3,5  |        |     |
| Schamottestein                               |             |             | 5  |        |     |
| Thoriumoxid, gesintert                       | 0           | 1600        | 7  | bis    | 9,5 |
| Wolframcarbid                                | 20          | 60          | 4,5  |        |     |
| Ziegelstein                                  |             |             | 8  | bis    | 10  |
| Zirkonoxid, stabilisiert                     | 20          | 100         | 6  |        |     |
| <i>Metallegierungen:</i>                     |             |             |  |        |     |
| Bronze                                       | -190        | 115         | 17,5   |        |     |
| Duraluminium                                 | 0           | 100         | 23   |        |     |
| Elektron                                     | 0           | 100         | 26   |        |     |
| Flußstahl                                    | 0           | 100         | 11   |        |     |
| Grauguß                                      | -190        | 15          | 8,7  |        |     |
| Messing                                      | -190        | 115         | 16,65  |        |     |
| <i>Naturstoffe:</i>                          |             |             |  |        |     |
| Asphalt                                      |             |             | 170  | bis    | 230 |
| Andesit                                      | 20          | 100         | 5  | bis    | 9   |
| Basalt                                       | 20          | 100         | 4,4  | bis    | 6,4 |
| Baumwolle                                    |             |             | 80   |        |     |
| Bernstein                                    |             |             | 56   |        |     |
| Eis  |             |             | 37   |        |     |
| Diabas                                       | 20          | 100         | 4,4  | bis    | 6,4 |
| Feldspat: Albit    <i>a</i> , ⊥ 010          | 20          | 1000        | 15,6   | 6,2    |     |
| Feldspat: Anorthit je n. Richt.              | 20          | 1000        | 6,1  | bis    | 3   |
| Fette  |             |             | ≈ 100  |        |     |
| Gabbro                                       | 20          | 100         | 4,4  | bis    | 6,4 |
| Gips (CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O) | 12          | 25          | 25   |        |     |
| Glimmer                                      | 20          | 100         | 9  | bis    | 15  |
| Granit                                       | 20          | 100         | 5  | bis    | 11  |

## Fortsetzung T 3.19a

| Stoff  | $t_1$<br>°C | $t_2$<br>°C       | $10^6 \bar{\alpha}(t_1, t_2)$<br>K <sup>-1</sup> |
|--|-------------|-------------------|--|
| Holz,    Wachstumsrichtung                   |             |                   | 2 bis 11   |
| Holz, ⊥ Wachstumsrichtung                    |             |                   | 26 bis 73  |
| Kaliumchlorid                                |             |                   | 33   |
| Kaliumnitrat                                 |             |                   | 78   |
| Kalkstein                                    | 20          | 100               | 4 bis 12   |
| Kalkspat                                     | 20          | 100               | -0,42 ⊥ 18,9                                     |
| Kaolin                                       |             |                   | 5  |
| Kautschuk                                    |             |                   | 140 bis 200                                      |
| Kolophonium                                  |             |                   | 85   |
| Marmor                                       | 20          | 100               | 5 bis 9  |
| Naphthalin                                   |             |                   | 94   |
| Natriumchlorid                               | 0           | 100               | 41   |
| Phenol                                       |             |                   | 290  |
| Quarzit                                      | 20          | 100               | 11   |
| Rohrzucker                                   |             |                   | 82   |
| Salpeter (KNO <sub>3</sub> )                 |             |                   | 70   |
| Sandstein                                    | 20          | 100               | 8 bis 12   |
| Schiefer                                     | 20          | 100               | 8 bis 10   |
| Speckstein                                   |             |                   | 9 bis 10   |
| Stearinsäure                                 |             |                   | 70   |
| Ton, 10% Feuchte                             |             |                   | 6  |
| <i>Organische Kunststoffe:</i> <sup>1)</sup> |             |                   |  |
| Acrylnitril-Butadien-Styrol                  |             | ABS <sup>2)</sup> | 60 bis 80  |
| Bakelit                                      | 20          | 100               | 30   |
| Buna   | 20          | 120               | 120 bis 185                                      |
| Celluloid                                    |             | C                 | 100  |
| Celluloseacetat                              |             | CA                | 120  |
| Celluloseacetobutyrat                        |             | CAB               | 120  |
| Cellulosepropionat                           |             | CP                | 110 bis 130                                      |
| Epoxid                                       |             | EP                | 15 bis 30  |
| Ethylen-Vinylacetat                          |             | EVA               | 180 bis 220                                      |
| Harnstoff-Formaldehyd                        |             | UF                | 50 bis 60  |
| Hartgewebe                                   |             |                   | 20 bis 40  |
| Hartgummi                                    | 20          | 60                | 80   |
| Hartpapier                                   | 20          | 50                | 20 bis 40  |
| Melamin-Formaldehyd                          |             | MF                | 50 bis 60  |
| Perbunan                                     | 20          | 150               | 130  |
| Phenol-Formaldehyd                           | 20          | 50                | 15 bis 35  |
| Poly-11-aminoundecaamid                      |             | PA11              | 110  |
| Poly-4-methyl-penten-1                       |             | PMP               | 120  |
| Polyacrylphthalat                            |             | PDAP              | 10 bis 35  |
| Polyamid                                     | 20          | 50                | 70 bis 100                                       |
| Polyamidimid <sup>3)</sup>                   |             | PAI               | 9 bis 13   |
| Polybutylen                                  |             | PB                | 150  |
| Polybutylenterephthalat                      |             | PBTP              | 75   |
| Polycaprolactam                              |             | PA6               | 80   |
| Polycarbonat                                 |             | PC                | 70   |
| Polychlortrifluorethylen                     |             | PCTFE             | 60   |
| Polyester, gesättigt                         |             | SP                | 70   |

Fortsetzung T 3.19a

| Stoff                               |      | $t_1$<br>°C | $t_2$<br>°C | $10^6 \bar{\alpha} (t_1, t_2)$<br>K <sup>-1</sup> |         |
|-------------------------------------|------|-------------|-------------|---|---------|
| Polyester, ungesättigt              | UP   |             |             | 20  | bis 40  |
| Polyetheramid                       | PEA  |             |             | 176   | bis 230 |
| Polyetheretherketon                 | PEEK |             |             | 40  | bis 50  |
| Polyetherimid <sup>3)</sup>         | PEI  |             |             | 14  | bis 62  |
| Polyethersulfon                     | PES  |             |             | 20  | bis 50  |
| Polyethylen                         | PE   |             |             | 220   | bis 250 |
| Polyethylenterephthalat             | PETP |             |             | 40  |         |
| Polyhexamethylenadipinamid          | PA66 |             |             | 80  |         |
| Polyimid                            | PI   | 0           | 40          | 40  | bis 60  |
| Polyisobutylene                     | PIB  |             |             | 120   |         |
| Polylaurinlactam                    | PA12 |             |             | 130   |         |
| Polymethacrylimid <sup>3)</sup>     | PMI  |             |             | 12  | bis 65  |
| Polymethylmethacrylat               | PMMA | -10         | 30          | 70  | bis 80  |
| Polyolefin                          | PO   | 20          | 50          | 120   | bis 250 |
| Polyoxymethylen                     | POM  | 20          | 100         | 90  |         |
| Polyphenylenoxid                    | PPO  |             |             | 60  |         |
| Polyphenylsulfid                    | PPS  |             |             | 55  |         |
| Polypropylen                        | PP   | 20          | 90          | 100   | bis 200 |
| Polystyrol                          | PS   |             |             | 70  | bis 80  |
| Polysulfon                          | PSU  |             |             | 55  |         |
| Polytetrafluorethylen <sup>4)</sup> | PTFE |             |             | 20  | bis 250 |
| Polyurethan                         | PUR  | 20          | 100         | 10  | bis 250 |
| Polyvinylchlorid                    | PVC  | 20          | 50          | 70  | bis 80  |
| Silicon                             | SI   |             |             | 20  | bis 50  |
| Styrol-Acrylnitril                  | SAN  |             |             | 80  |         |
| Styrol-Butadien                     | SB   |             |             | 70  | bis 120 |

1) Zusätze von Mineralien verkleinern  $\alpha$ ; noch stärker wird  $\alpha$  verkleinert durch Textilien aus Glas-, Kohle- oder Synthesefasern. Die Materialdichte hat oft großen Einfluß.

2) Kurzzeichen für Kunststoffe.

3) Mit Zusätzen ist  $\alpha$  von Metallen erreichbar.

4) Stark temperaturabhängig, zwei steile Maxima nahe Raumtemperatur.



**3.19b** Temperaturabhängigkeit der relativen Längenänderung  $\Delta l/l$  bei festen Stoffen — Temperature dependence of the relative expansion  $\Delta l/l$  of solids (W. Gorski)

| Stoff             | Werkstoff-Nr. n. DIN 17007 (od. Bem.) | Temperaturbereich von bis °C | $10^6 a$ °C <sup>-1</sup> | $10^9 b$ °C <sup>-2</sup> | $10^{12} c$ °C <sup>-3</sup> | $10^{15} d$ °C <sup>-4</sup> | $10^{18} e$ °C <sup>-5</sup> | Stand.-abweich. für $\Delta l/l$ $10^6 s$ |
|-------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|
| Aluminium         | 3.0400                                | -250 600                     | 22,69                     | 19,51                     | -39,52                       | 38,71                        |                              | 81  |
| Al-Legierung      | 3.2583                                | 20 400                       | 19,3                      | 9,88                      | -4,27                        |                              |                              | 12  |
| Baustahl          | 1.01..                                | -250 700                     | 11,26                     | 10,94                     | -17,49                       | 13,75                        |                              | 38  |
| Blei              | —                                     | -200 150                     | 28,3                      | 12,0                      | -13,3                        | 75                           |                              | —   |
| Bronze            | 2.1080                                | 0 500                        | 17,04                     | 4,34                      |                              |                              |                              | —   |
| Duraluminium      | 3.1645                                | 0 300                        | 19,0                      | 31,6                      |                              |                              |                              | 110                                       |
| Duran             | (8330)                                | 20 300                       | 3,494                     | -0,557                    |                              |                              |                              | 0,9                                       |
| Edelstahl 18CrNi8 | 1.5920                                | 0 600                        | 15,83                     | 6,645                     | -2,741                       |                              |                              | 30  |
| Eisen             | —                                     | -190 700                     | 11,06                     | 8,867                     | -5,815                       | 10,15                        | -12,24                       | 18  |
| Germanium         | (99,9999 %)                           | 0 900                        | 5,019                     | 1,23                      | 5,42                         | -4,00                        |                              | —   |
| Gold              | —                                     | -250 900                     | 14,13                     | 5,789                     | -11,69                       | 9,234                        |                              | 38  |
| Invar             | 1.3912                                | 0 900                        | -1,615                    | 27,54                     | -11,42                       |                              |                              | 75  |
| Iridium           | —                                     | -200 1000                    | 6,35                      | 1,528                     |                              |                              |                              | 55  |
| Kieselglas, rein  | —                                     | -250 70                      | 0,3922                    | 2,526                     |                              |                              |                              | 0,12                                      |
| Kieselglas, rein  | (getemp. s.)                          | 0 700                        | 0,4502                    | 1,066                     | -3,139                       | 3,533                        | -1,52                        | 1,8                                       |
| Kieselglas, rein  | Kap. 3.2.1.1)                         | 700 1080                     | 0,544                     | 0,4116                    | -1,037                       | 0,556                        |                              | 2   |
| Konstantan        | 2.0842                                | -250 500                     | 13,16                     | 12,32                     | -10,58                       |                              |                              | 49  |
| Kupfer            | —                                     | -250 600                     | 15,95                     | 9,879                     | -21,64                       | 20,9                         |                              | 56  |
| Manganin          | 2.1362                                | 0 800                        | 17,84                     | 1,717                     | 2,818                        |                              |                              | 31  |
| Neusilber         | 2.0730                                | -273 100                     | 19,24                     | -1,938                    | -96,68                       |                              |                              | 23  |

Fortsetzung T 3.19b

| Stoff                                     | Werkstoff-<br>Nr. n. DIN<br>17007<br>(od. Bem.) | Temperatur-<br>bereich<br>von<br>°C | bis<br>°C | $10^6 a$<br>°C <sup>-1</sup> | $10^9 b$<br>°C <sup>-2</sup> | $10^{12} c$<br>°C <sup>-3</sup>                   | $10^{15} d$<br>°C <sup>-4</sup> | $10^{18} e$<br>°C <sup>-5</sup> | Stand.-<br>abweich.<br>für $\Delta l/l$<br>$10^6 s$ |
|---|---|-------------------------------------|-----------|------------------------------|------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|---|
| Nickel                                    | -   | -200                                | 1000      | 12,06                        | 6,902                        | -2,31   |                                 |                                 | 78  |
| Palladium                                 | -   | -200                                | 1000      | 11,04                        | 3,847                        | -1,086  |                                 |                                 | 42  |
| Platin                                    | -   | -200                                | 1000      | 8,684                        | 1,493                        |   |                                 |                                 | 29  |
| $\alpha$ -Quarz                           | (   c-Achse)                                    | -200                                | 573       | 7,751                        | 8,257                        | -27,211   | 58,65                           |                                 | 73  |
| $\beta$ -Quarz                            | (   c-Achse)                                    | 573                                 | 1000      | 42,05                        | 53,9                         | 20,6  |                                 |                                 | 50  |
| $\alpha$ -Quarz                           | ( $\perp$ c-Achse)                              | -200                                | 573       | 15,61                        | 16,79                        | -88,42  | 155,3                           |                                 | 154   |
| $\beta$ -Quarz                            | ( $\perp$ c-Achse)                              | 573                                 | 1000      | 21,36                        | -28,05                       | 11,12   |                                 | [+0,01249]                      | 13  |
| Silber                                    | -   | -250                                | 800       | 18,74                        | 9,959                        | -17,24  | 12,68                           |                                 | 63  |
| Silicium                                  | (99,9999 %)                                     | 0                                   | 900       | 3,893                        | -2,101                       | 5,125   | -1,833                          |                                 | -   |
| Sinterkorund                              | -   | 0                                   | 300       | 4,93                         | 5,02                         |   |                                 |                                 | 15  |
| Sinterkorund                              | -   | 0                                   | 1700      | 6,75                         | 1,316                        |   |                                 |                                 | 32  |
| Thermometerglas<br>(16 <sup>III</sup> )   | -   | -250                                | 480       | 7,457                        | 8,087                        | -19,24  | 21,26                           |                                 | 15  |
| Thermometerglas<br>(N 168)                | (N 168)   | 0                                   | 100       | 7,591                        | 5,386                        |   |                                 |                                 | 1,3   |
| Thermometerglas<br>(2954 <sup>III</sup> ) | (2954 <sup>III</sup> )                          | -270                                | 500       | 5,837                        | 2,539                        | -0,08325  | -2,29                           |                                 | 12  |
| Titan                                     | -   | -123                                | 883       | 8,130                        | 4,695                        | -2,203  |                                 |                                 | 26  |
| Wolfram                                   | -   | -250                                | 0         | 5,57                         | 10,15                        |   |                                 |                                 | 8   |
| Wolfram                                   | -   | 0                                   | 1000      | 4,45                         | 0,76                         | -0,34   |                                 |                                 | 3,4   |
| Wolfram                                   | -   | 1000                                | 3000      | 3,9                          | 1,75                         | $\Delta l/l = 4,87 + a(t - 1000) + b(t - 1000)^2$ |                                 |                                 | 240   |
| Zerodur <sup>1)</sup>                     | -   | -10                                 | 190       | 0,03276                      | -1,442                       | 5,738   |                                 |                                 | 0,23  |
| Zink                                      | (   c-Achse)                                    | 0                                   | 410       | 58,06                        | 42,27                        | -155,54   | 135,3                           |                                 | -   |
| Zink                                      | ( $\perp$ c-Achse)                              | 0                                   | 410       | 13,04                        | 13,95                        | -43,89  | 109,7                           |                                 | -   |

1) &gt; 190 °C bleibende Änderung der Ausgangslänge

### 3.20 Molare Wärmekapazität $C_p^0$ bei Standarddruck $p^0$ (0,1 MPa) und verschiedenen Temperaturen $T$ — Molar Heat capacity $C_p^0$ at standard pressure $p^0$ (0,1 MPa) and various temperatures $T$ (S.M. Sarge)

Stoffmengenbezogene Masse (molare Masse)  $M$  in g/mol (siehe auch Tab. T 9.05),  $T$  in K (IPTS-68),  $C_p^0$  in J/(mol K). Angegeben ist auch die jeweilige Phasenlage ( $\alpha$ : amorph;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , I, II, III: polymorphe feste Phasen;  $s$ ,  $l$ ,  $g$ : feste, flüssige, gasförmige Phase).

Molar mass  $M$  in g/mol,  $T$  in K (IPTS-68),  $C_p^0$  in J/(mol K). Phases:  $a$  amorphous;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , I, II, III: polymorphic solid phases;  $s$ ,  $l$ ,  $g$ : solid, liquid, gaseous phase.

| Symbol/Formel | Name                  | molare Masse | 100       | 200       | 298,15    | 400       | 600       | 800       | 1000      | 1200      | Quelle |
|---------------|-----------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| Ag            | Silber                | 107,87       | 20,17     | 24,27     | 25,40     | 25,82     | 26,94     | 28,28     | 29,83     | 31,55     | 2      |
| Al            | Aluminium             | 26,98        | 13,00     | 21,34     | 24,21     | 25,78     | 27,89     | 30,56 (s) | 31,75 (l) | 31,75     | 1      |
| Au            | Gold                  | 196,97       | 21,49     | 24,43     | 25,32     | 25,76     | 26,63     | 27,50     | 28,56     | 30,57     | 2      |
| Be            | Beryllium             | 9,01         | 1,82      | 9,98      | 16,38     | 19,97     | 23,34     | 25,46     | 27,27     | 29,02     | 1      |
| Bi            | Bismut                | 208,98       | 23,35     | 25,02     | 25,52     | 26,57 (s) | 29,46 (l) | 28,12     | 27,41     | 27,20     | 2      |
| C             | Kohlenstoff (Graphit) | 12,01        | 1,67      | 5,01      | 8,52      | 11,82     | 16,84     | 19,83     | 21,61     | 22,77     | 1      |
| Cd            | Cadmium               | 112,41       | 22,22     | 24,94     | 25,94     | 27,15 (s) | 29,71 (l) | 29,71     | 29,71     | 29,71     | 2      |
| Co            | Cobalt                | 58,93        | 13,91     | 22,23     | 24,80     | 26,53     | 29,67 (s) | 32,43 (s) | 36,99     | 43,22     | 1      |
| Cr            | Chrom                 | 52,00        | 9,96      | 19,86     | 23,43     | 25,23     | 27,72     | 29,43     | 31,86     | 35,19     | 1      |
| Cu            | Kupfer                | 63,55        | 16,01     | 22,63     | 24,44     | 25,32     | 26,48     | 27,49     | 28,66     | 30,52     | 1      |
| Fe            | Eisen                 | 55,85        | 12,10     | 21,59     | 25,09     | 27,39     | 32,05     | 37,95     | 54,43 (s) | 34,02 (y) | 1      |
| Ga            | Gallium               | 69,72        | 18,48     | 23,82     | 26,06 (s) | 27,15 (l) | 26,69     | 26,57     | 26,57     | 26,57     | 1      |
| Ge            | Germanium             | 72,61        | 13,77     | 21,05     | 23,35     | 24,48     | 25,23     | 25,90     | 27,20     | 28,70     | 2      |
| Hg            | Quecksilber           | 200,59       | 24,26     | 27,28 (s) | 27,98 (l) | 27,41     | 27,14 (l) | 20,79 (g) | 20,79     | 20,79     | 1      |
| In            | Indium                | 114,82       | 23,31     | 25,85     | 26,73     | 28,97 (s) | 29,33 (l) | 29,16     | 29,08     | 29,08     | 2      |
| Ir            | Iridium               | 192,22       | 17,36     | 23,43     | 24,97     | 25,48     | 26,59     | 27,77     | 29,43     | 30,97     | 2      |
| K             | Kalium                | 39,10        | 24,63     | 27,00     | 29,50 (s) | 31,50 (l) | 30,14     | 29,76     | 30,36 (l) | 20,79 (g) | 1      |
| Li            | Lithium               | 6,94         | 13,36     | 21,57     | 24,62     | 27,61 (s) | 29,54 (l) | 28,94     | 28,84     | 28,74     | 1      |
| Mg            | Magnesium             | 24,31        | 15,76     | 22,72     | 24,87     | 26,14     | 28,18     | 30,51 (s) | 34,31 (l) | 34,31     | 1      |
| Mn            | Mangan                | 54,94        | 14,72     | 23,05     | 26,30     | 28,53     | 31,90     | 34,92 (s) | 37,70 (s) | 38,54     | 1      |
| Mo            | Molybdän              | 95,94        | 13,50     | 21,51     | 23,93     | 25,08     | 26,46     | 27,44     | 28,37     | 29,49     | 1      |
| Na            | Natrium               | 22,99        | 22,45     | 25,99     | 28,15 (s) | 31,51 (l) | 29,81     | 28,95     | 28,95 (l) | 20,79 (g) | 1      |
| Nb            | Niob                  | 92,91        | 17,44     | 23,09     | 25,69     | 25,39     | 26,35     | 27,18     | 28,00     | 28,80     | 1      |
| Ni            | Nickel                | 58,69        | 13,63     | 22,47     | 25,99     | 28,49     | 34,85     | 31,00     | 32,22     | 33,68     | 1      |
| Os            | Osmium                | 190,23       | 13,73 (s) | 21,09 (s) | 23,83 (s) | 26,33 (l) | 25,86     | 26,62     | 27,38     | 28,14     | 2      |
| P             | Phosphor              | 30,97        | 24,43     | 25,87     | 26,84     | 27,72     | 26,33 (l) | 26,33 (l) | 26,33 (l) | 18,55 (g) | 1      |
| Pb            | Blei                  | 207,2        | 17,87     | 24,14     | 25,98     | 26,74     | 29,40 (s) | 30,02 (l) | 29,40     | 28,79     | 1      |
| Pd            | Palladium             | 106,42       | 17,87     | 24,14     | 25,98     | 26,74     | 27,74     | 28,83     | 29,92     | 30,96     | 2      |
| Pt            | Platin                | 195,08       | 19,54     | 24,43     | 25,86     | 26,48     | 27,53     | 25,58     | 29,62     | 30,67     | 2      |

## Fortsetzung T 3.20

| Symbol/Formel                  | Name                   | molare Masse | 100   | 200       | 298,15    | 400       | 600        | 800        | 1000        | 1200         | Quelle |
|--------------------------------|------------------------|--------------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|--------------|--------|
| Rh                             | Rhodium                | 102,91       | 15,15 | 22,64     | 24,98     | 26,08     | 28,15      | 30,12      | 31,98       | 33,69        | 2      |
| S                              | Schwefel               | 32,07        | 12,77 | 19,37     | 22,70 (α) | 32,16 (l) | 34,31      | 31,70 (l)  | 18,64 (g)   | 18,95        | 1      |
| Sb                             | Antimon                | 121,76       | 20,59 | 24,35     | 25,23     | 27,11     | 27,11      | 29,37 (s)  | 31,38 (l)   | 31,38        | 2      |
| Se                             | Selen                  | 78,96        | 18,26 | 23,45     | 25,04     | 27,97 (s) | 35,15 (l)  | 35,15      | 35,15       | 2            |        |
| Si                             | Silicium               | 28,09        | 7,27  | 15,64     | 20,00     | 22,14     | 24,15      | 25,36      | 26,34       | 27,20        | 1      |
| Sn                             | Zinn                   | 118,71       | 19,41 | 24,31 (α) | 26,99 (β) | 28,83 (β) | 28,77 (l)  | 28,45      | 28,45       | 28,45        | 2      |
| Ta                             | Tantal                 | 180,95       | 19,74 | 24,09     | 25,30     | 25,84     | 26,84      | 27,46      | 27,93       | 28,66        | 1      |
| Ti                             | Titan                  | 47,88        | 14,33 | 22,37     | 25,24     | 26,86     | 28,60      | 29,47      | 32,07 (α)   | 29,46 (β)    | 1      |
| U                              | Uran                   | 238,03       | 22,26 | 25,82     | 27,66     | 29,71     | 34,77      | 41,80 (α)  | 42,93 (β)   | 38,28 (γ)    | 2      |
| V                              | Vanadium               | 50,94        | 13,12 | 21,88     | 24,90     | 26,23     | 27,49      | 28,66      | 30,08       | 31,80        | 1      |
| W                              | Wolfram                | 183,84       | 16,03 | 22,49     | 24,30     | 24,93     | 25,79      | 26,67      | 27,56       | 28,47        | 1      |
| Zn                             | Zink                   | 65,39        | 19,46 | 24,05     | 25,39     | 26,35     | 28,59 (s)  | 31,38 (l)  | 31,38 (l)   | 20,79 (g)    | 1      |
| Zr                             | Zirkonium              | 91,22        | 18,62 | 23,87     | 25,20     | 25,94     | 27,28      | 28,97      | 31,13 (α)   | 28,51 (β)    | 1      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Korund                 | 101,96       | 12,86 | 51,12     | 79,02     | 96,09     | 112,55     | 120,14     | 124,77      | 128,25       | 1      |
| BaSO <sub>4</sub>              | Bariumsulfat           | 233,39       |       | 101,74    | 119,37    | 119,37    | 131,62     | 135,91     | 137,89      | 138,97       | 3      |
| BN                             | Bornitrid              | 24,82        | 4,95  | 12,41     | 19,72     | 26,28     | 35,23      | 40,46      | 44,35       | 46,86        | 1      |
| CO                             | Kohlenstoffmonoxid (g) | 28,01        | 29,10 | 29,11     | 29,14     | 29,34     | 30,44      | 31,90      | 33,18       | 34,18        | 1      |
| CO <sub>2</sub>                | Kohlenstoffdioxid (g)  | 44,01        | 29,21 | 32,36     | 37,13     | 41,33     | 47,32      | 51,43      | 54,31       | 56,34        | 1      |
| CaCl <sub>2</sub>              | Calciumchlorid         | 110,98       | 48,81 | 67,36     | 72,86     | 75,65     | 78,20      | 80,92      | 85,77 (s)   | 102,53 (l)   | 1      |
| CaSO <sub>4</sub>              | Calciumsulfat          | 136,14       |       | 99,65     | 109,70    | 109,70    | 129,45     | 149,20     | 168,95      | 188,70       | 3      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Eisenoxid (Hämatit)    | 159,69       | 31,50 | 76,57     | 103,76    | 120,12    | 141,17     | 158,22 (l) | 150,62 (II) | 141,51 (III) | 1      |
| Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | Eisenoxid (Magnetit)   | 231,54       | 56,34 | 116,95    | 147,24    | 171,13    | 212,55     | 252,88     | 200,83      | 200,83       | 1      |
| FeS                            | Eisensulfid (Troilit)  | 87,91        | 26,67 | 43,05     | 50,52     | 89,20 (α) | 62,03 (γ)  | 58,56      | 58,99       | 63,31        | 1      |
| FeSe                           | Eisensulfid (Pyrit)    | 119,98       | 18,71 | 49,06     | 62,12     | 68,85     | 74,31      | 78,35      | 82,45       | 86,55        | 1      |
| GeO <sub>2</sub>               | Germaniumdioxid        | 104,61       |       | 51,95     | 61,80     | 61,80     | 69,92      | 74,04      | 77,01       | 79,52        | 3      |
| H <sub>2</sub>                 | Wasserstoff (g)        | 2,02         | 28,15 | 27,45     | 28,84     | 29,18     | 29,33      | 29,62      | 30,21       | 30,99        | 1      |
| H <sub>2</sub> O               | Wasser                 | 18,02        | 15,83 | 28,12 (s) | 75,35 (l) | 34,15 (g) | 36,29      | 38,94      | 41,54       | 43,97        | 4      |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Schwefelsäure (l)      | 98,08        |       | 138,59    | 158,32    | 158,32    | 197,07     |            | 63,91 (l)   | 62,02        | 3      |
| LiCl                           | Lithiumchlorid         | 42,39        | 36,31 | 43,35     | 48,03     | 50,97     | 55,59      | 59,94 (s)  | 51,21       | 52,33        | 1      |
| MgO                            | Magnesiumoxid          | 40,30        | 7,80  | 26,68     | 37,11     | 42,56     | 47,43      | 49,74      | 51,21       | 52,33        | 1      |
| MoS <sub>2</sub>               | Molybdändisulfid       | 160,07       | 24,05 | 51,84     | 63,56     | 68,91     | 73,60      | 76,23      | 78,24       | 80,00        | 1      |
| NH <sub>3</sub>                | Ammoniak (g)           | 17,03        | 33,28 | 33,76     | 35,65     | 38,72     | 45,29      | 51,24      | 56,49       | 61,05        | 1      |
| NaCl                           | Natriumchlorid         | 58,44        | 34,93 | 46,87     | 50,51     | 52,35     | 55,48      | 59,31      | 64,87 (s)   | 68,33 (l)    | 1      |
| NaOH                           | Natriumhydroxid        | 40,00        | 27,74 | 49,58     | 59,53     | 64,94 (α) | 86,07 (l)  | 84,89      | 83,72       | 82,55        | 1      |
| P <sub>4</sub> O <sub>10</sub> | Phosphorpentoxid       | 283,89       | 77,61 | 154,56    | 211,71    | 260,25    | 335,98 (s) | 294,54 (g) | 306,80      | 314,08       | 1      |
| Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | Bleitetroxid (Mennige) | 685,60       | 87,20 | 130,12    | 154,93    | 173,05    | 190,79     | 199,16     |             |              | 1      |

## Fortsetzung T 3.20

| Symbol/Formel                                | Name                    | molare Masse | 100       | 200        | 298,15     | 400        | 600       | 800        | 1000       | 1200   | Quelle |
|--|-------------------------|--------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|--------|--------|
| SF <sub>6</sub>                              | Schwefelhexafluorid (g) | 146,06       | 38,72     | 68,82      | 96,96      | 116,37     | 136,07    | 144,81     | 149,27     | 151,82 | 1      |
| SO <sub>2</sub>                              | Schwefeldioxid (g)      | 64,06        | 33,53     | 36,37      | 39,88      | 43,49      | 49,05     | 52,43      | 54,48      | 55,79  | 1      |
| SiC  | Siliciumcarbid (β)      | 40,10        | 4,26      | 16,30      | 26,84      | 34,10      | 41,79     | 45,88      | 48,42      | 50,16  | 1      |
| SiO <sub>2</sub>                             | Siliciumdioxid (Quarz)  | 60,08        | 15,69     | 32,64      | 44,59      | 53,43      | 64,42     | 73,70 (l)  | 68,95 (ll) | 70,96  | 1      |
| TiC  | Titanicarbidge          | 59,89        | 7,34      | 14,92      | 33,81      | 40,69      | 47,65     | 49,90      | 51,18      | 52,45  | 1      |
| TiO <sub>2</sub>                             | Titandioxid (Rutil)     | 79,88        | 18,50     | 42,01      | 55,10      | 62,84      | 69,93     | 73,08      | 74,85      | 76,02  | 1      |
| UO <sub>2</sub>                              | Urandioxid              | 270,03       |           |            | 63,58      | 72,05      | 79,09     | 82,72      | 85,37      | 87,62  | 3      |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                | Vanadiumpentoxid        | 181,88       | 52,65     | 101,12     | 130,60     | 150,95     | 168,31    | 177,25 (s) | 190,79 (l) | 190,79 | 1      |
| WC   | Wolframcarbidge         | 195,85       |           |            | 35,36      | 40,84      | 45,60     | 48,17      | 50,06      | 51,62  | 3      |
| ZnS  | Zinksulfid              | 97,46        |           |            | 45,36      | 48,32      | 51,06     | 52,70      | 54,03      | 55,23  | 3      |
| CCl <sub>4</sub>                             | Tetrachlorkohlenstoff   | 153,82       | 67,49     | 102,72 (s) | 130,66 (l) | 91,70 (g)  | 99,68     | 103,10     | 104,82     | 105,80 | 5      |
| CH <sub>4</sub>                              | Methan                  | 16,04        | 53,86 (l) | 33,49 (g)  | 35,67      | 40,64      | 52,53     | 63,47      | 72,79      | 80,40  | 5      |
| CH <sub>4</sub> O                            | Methanol                | 32,04        | 43,92 (s) | 70,64 (l)  | 81,15 (l)  | 51,69 (g)  | 67,22     | 79,67      | 89,49      | 97,15  | 5      |
| CS <sub>2</sub>                              | Kohlenstoffdisulfid     | 76,14        | 46,01 (s) | 75,22 (l)  | 76,43 (l)  | 49,59 (g)  | 54,58     | 57,57      | 59,36      | 60,47  | 5      |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>                | Acetylen (g)            | 26,04        |           | 38,33      | 43,94      | 50,03      | 57,47     | 62,43      | 66,63      | 70,11  | 5      |
| C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> | Essigsäure              | 60,05        | 50,05     | 67,29 (s)  | 123,33 (l) | 79,55 (g)  | 105,95    | 125,74     | 139,41     | 148,69 | 5      |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O              | Ethanol                 | 46,07        | 48,20 (s) | 89,34 (l)  | 112,11 (l) | 82,24 (g)  | 107,02    | 126,96     | 142,74     | 154,58 | 5      |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O              | Aceton                  | 58,08        | 67,10 (s) | 117,06 (l) | 126,31 (l) | 91,69 (g)  | 121,45    | 145,90     | 163,38     | 175,41 | 5      |
| C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O             | Diethylether            | 74,12        | 73,62 (s) | 154,70 (l) | 175,63 (l) | 144,14 (g) | 189,16    | 224,88     | 252,13     | 272,13 | 5      |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                | Benzol                  | 78,11        | 50,84     | 83,53 (s)  | 136,32 (l) | 114,18 (g) | 159,71    | 190,29     | 211,70     | 226,77 | 5      |
| C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>                | Toluol                  | 92,14        | 63,38 (s) | 137,00 (l) | 157,29 (l) | 141,20 (g) | 195,45    | 234,15     | 261,72     | 281,14 | 5      |
| PS   | Polystyrol              | 104,15*      |           | 83,97      | 126,48 (a) | 120,24 (l) | 254,30    |            |            |        | 8      |
| PE   | Polyethylen             | 14,03*       | 9,75      | 18,92 (a)  | 30,81 (l)  | 35,22      | 43,87     |            |            |        | 7      |
| PMMA   | Polymethylmethacrylat   | 100,12*      | 57,48     | 97,52      | 137,00 (a) | 207,90 (l) |           |            |            |        | 6      |
| PTFE   | Polytetrafluorethylen   | 100,02*      |           | 37,59      | 51,28      | 59,25 (a)  | 69,37 (l) |            |            |        | 8      |

\* stoffmengenbezogene Masse der Wiederholungseinheit

- Chase, Jr., M.W.; Davies, C.A.; Downey, Jr., J.R.; Frurip, D.J.; McDonald, R.A.; Syverud, A.N. (1985): JANAF Thermochemical Tables. Part I–II, 3rd ed. J. Phys. Chem. Ref. Data **14**, Supplement 1
- Hultgren, R.; Desai, P.D.; Hawkins, D.T.; Gleiser, M.; Kelley, K.K.; Wagman, D.D. (1973): Selected Values of the Thermodynamic Properties of the Elements. Metals Park, Ohio: American Society for Metals
- Knacke, O.; Kubaschewski, O.; Hesse Imann, K. (eds.) (1991): Thermochemical Properties of Inorganic Substances. Vol. I–II, 2nd ed. Berlin: Springer

## Fortsetzung T 3.20

- 4 Garvin, D.; Parker, V.B.; White, Jr., H.J. (1987): CODATA Thermodynamic Tables. Selections for Some Compounds of Calcium and Related Mixtures: A Prototype Set of Tables. Washington: Hemisphere
- 5 Daubert, T.E.; Danner, R.P. (1989): Physical and Thermodynamic Properties of Pure Chemicals. Data Compilation. New York: Hemisphere
- 6 Gaur, U.; Lau, S.; Wunderlich, B.B.; Wunderlich, B. (1982): Heat Capacity and Other Thermodynamic Properties of Linear Macromolecules. VI. Acrylic Polymers. J. Phys. Chem. Ref. Data **11**, 1065–1089
- 7 Gaur, U.; Wunderlich, B. (1981): Heat Capacity and Other Thermodynamic Properties of Linear Macromolecules. II. Polyethylene, J. Phys. Chem. Ref. Data **10**, 119–152
- 8 Varma-Nair, M.; Wunderlich, B. (1991): Heat Capacity and Other Thermodynamic Properties of Linear Macromolecules. X. Update to the ATHAS 1980 Data Bank. J. Phys. Chem. Ref. Data **20**, 349–404

Weitere Angaben in:

Blanke, W. (Hrsg.) (1989): Thermophysikalische Stoffgrößen. Berlin: Springer

Landolt-Börnstein: Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik. II. Band, Eigenschaften der Materie in ihren Aggregatzuständen. 4. Teil, Kalorische Zustandsgrößen, Schäfer, K.; Lax, E. (Hrsg.). 6. Aufl. Berlin: Springer 1961. IV. Band, Technik. 4. Teil, Wärmetechnik. Bandteil a, Wärmetechnische Meßverfahren. Thermodynamische Eigenschaften homogener Stoffe. Hausen, H. (Hrsg.). 6. Aufl. Berlin: Springer 1967

Thermophysical Properties of Matter. Vol. 4. Specific Heat. Metallic Elements and Alloys, Touloukian, Y.S.; Buyco, E.H. (eds.). New York: IFI/Plenum 1970. Vol. 5. Specific Heat. Nonmetallic Solids, Touloukian, Y.S.; Buyco, E.H. (eds.). New York: IFI/Plenum 1970. Vol. 6. Specific Heat. Nonmetallic Liquids and Gases, Touloukian, Y.S.; Makita, T. (eds.). New York: IFI/Plenum 1970. Vol. 6. Supplement. Specific Heat. Nonmetallic Liquids and Gases, Touloukian, Y.S.; Makita, T. (eds.). New York: IFI/Plenum 1976

Barin, I. (1989): Thermochemical Data of Pure Substances. Vol. I–II. Weinheim: VCH

### 3.21 Molare Siedepunkterhöhung $\Delta T_{S,m}$ und Gefrierpunktserniedrigung $\Delta T_{G,m}$ einiger Lösungsmittel – Molecular elevation of the boiling point, $\Delta T_{S,m}$ , and depression of the freezing point, $\Delta T_{G,m}$ , of some solvents (H.-H. Kirchner)

(Ein Mol einer Substanz in 1000 g der angegebenen Lösungsmittel gelöst, erhöhen den Siedepunkt um  $\Delta T_{S,m}$  in K; entsprechendes gilt für die Gefrierpunktserniedrigung)

| Lösungsmittel                                      | Formel                                      | Siedepunkt<br>(bei $p = 101,325 \text{ kPa}$ )<br>in $^{\circ}\text{C}$ | $\Delta T_{S,m}$<br>in K | Schmelz-<br>punkt<br>in $^{\circ}\text{C}$ | $\Delta T_{G,m}$<br>in K |
|--|---|---|--------------------------|--|--------------------------|
| Aceton   | $\text{CH}_3\text{COCH}_3$                  | 56,3  | 1,69                     |  |                          |
| Ammoniak   | $\text{NH}_3$                               | –33,5   | 0,34                     | –77,3                                      | 1,32                     |
| Benzol   | $\text{C}_6\text{H}_6$                      | 80,1  | 2,54                     | 5,5  | 5,07                     |
| d-Campher  | $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$        | 209,1   | 6,09                     | 176,5                                      | 40,00                    |
| Chloroform   | $\text{CHCl}_3$                             | 61,1  | 3,80                     | –63,2                                      | 4,90                     |
| Cyclohexan   | $\text{C}_6\text{H}_{12}$                   | 80,7  | 2,75                     | 6,2  | 20,20                    |
| Diethylether                                       | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ | 34,5  | 2,16                     | –116,3                                     | 1,79                     |
| 1,4-Dioxan   | $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$            | 101,3   | 3,27                     | 11,8                                       | 4,63                     |
| Essigsäure (wasserfrei)                            | $\text{CH}_3\text{COOH}$                    | 118,5   | 3,08                     | 16,6                                       | 3,59                     |
| Ethanol (Ethylalkohol)                             | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$             | 78,3  | 1,07                     |  |                          |
| n-Hexan  | $\text{C}_6\text{H}_{14}$                   | 68,7  | 2,78                     | –95,5                                      | 1,80                     |
| Kohlenstofftetrachlorid<br>(Tetrachlorkohlenstoff) | $\text{CCl}_4$                              | 76,5  | 5,07                     | –24,7                                      | 29,80                    |
| Methanol (Methylalkohol)                           | $\text{CH}_3\text{OH}$                      | 64,7  | 0,83                     |  |                          |



## Fortsetzung T 3.22a

|                       | Temperatur in °C |      |     |     |     |     |     |     |      |      |
|-----------------------|------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
|                       | -200             | -100 | -50 | 0   | 20  | 100 | 200 | 500 | 1000 | 1500 |
| Molybdän              | 223              | 146  | 142 | 139 | 138 | 135 | 132 | 119 | 103  | 91   |
| Natrium               | 137              | 135  | 137 | 135 | 133 |     |     |     |      |      |
| Nickel                | 212              | 114  | 102 | 94  | 91  | 83  | 74  | 67  | 78   |      |
| Elektrolyt-Nickel     | 130              |      |     | 84  | 82  | 76  | 68  | 60  | 62   |      |
| Niob                  | 60               |      |     | 52  |     | 55  | 56  | 61  | 69   | 76   |
| Osmium                | 145              |      |     |     |     | 87  | 87  |     |      |      |
| Palladium             | 81               | 75   | 75  | 75  | 75  | 75  | 75  |     |      |      |
| Phosphor (schwarz)    | 37               | 20   | 16  | 13  | 12  |     |     |     |      |      |
| Platin                | 85               | 73   | 72  | 70  | 71  | 71  | 72  | 75  | 84   | 97   |
| Plutonium             |                  | 3    | 5   | 8   | 8   | 12  |     |     |      |      |
| Quecksilber           | 33               | 29   | 28  |     |     |     |     |     |      |      |
| Rhenium               | 66               | 53   | 50  | 49  | 48  | 47  | 45  |     |      | 50   |
| Rhodium               | 273              | 156  | 153 | 151 | 150 | 147 | 142 |     |      |      |
| Ruthenium             | 211              | 123  | 117 | 117 | 117 | 115 | 113 |     |      |      |
| Schwefel (polykrist.) | 0,7              |      |     | 0,3 | 0,3 |     |     |     |      |      |
| Schwefel (amorph)     |                  | 0,2  | 0,2 | 0,2 | 0,2 |     |     |     |      |      |
| Silber                | 489              | 431  | 429 | 428 | 427 | 422 | 415 | 391 |      |      |
| Silicium              |                  | 342  | 230 | 168 | 153 | 110 | 82  | 44  | 25   |      |
| Tantal                | 61               |      |     |     | 57  | 57  | 57  | 59  | 61   | 63   |
| Titan                 | 35               | 26   |     | 22  | 22  | 20  | 20  | 20  | 23   |      |
| Uran                  | 20               | 24   | 26  | 27  | 27  | 29  | 30  | 38  |      |      |
| Vanadium              | 40               |      |     |     |     |     | 33  | 36  | 42   | 48   |
| Wolfram               | 270              | 204  | 192 | 171 | 167 | 157 | 147 | 126 | 113  | 103  |
| Zink                  | 144              | 122  | 122 | 122 | 121 | 117 | 112 |     |      |      |
| Zinn (weiß)           |                  | 74   | 70  | 68  | 67  | 63  | 60  |     |      |      |
| Zirconium             | 39               |      |     |     | 23  | 22  | 21  | 21  | 26   | 30   |

(1) Graphit: POCO AXM-5Q, Fa. Poco, USA; (2) für verschiedene Naturdiamanten

### 3.22b Legierungen

Die angegebenen Richtwerte gelten für 20 °C. Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  hängt von der Zusammensetzung und vom Gefüge ab.

| Stoff  | $\lambda$ in W/m K | Stoff               | $\lambda$ in W/m K |
|--|--------------------|---------------------|--------------------|
| Duraluminium   | 165                | Messinge            |                    |
| Eisen-Kohlenstofflegierungen<br>(0,06 bis 1,22% C)     | 45 bis 65          | CuZn28              | 126                |
| Niedriglegierte Stähle<br>(bis 0,5% C, 1% Cr, 3,5% Ni) | 26 bis 46          | CuZn33              | 117                |
| Hochlegierte Stähle<br>(bis 1,2% C, 19% Cr, 28% Ni)    | 14 bis 27          | CuZn37              | 113                |
| 18CrNi8  | 14                 | Zinnbronzen         |                    |
| Gußeisen   | 30 bis 50          | CuSn2               | 165                |
| Weißer Temperguß                                       | 46 bis 50          | CuSn4               | 95                 |
| Schwarzer Temperguß                                    | 62 bis 71          | CuSn6               | 70                 |
| Messing  |                    | CuSn8               | 65                 |
| CuZn10   | 176                | Neusilber           |                    |
| CuZn15   | 155                | CuNi12Zn24          | 48                 |
| CuZn20   | 142                | CuNi25Zn15          | 23                 |
|  |                    | Konstantan (CuNi44) | 22                 |
|  |                    | Manganin (CuMn12Ni) | 22                 |
|  |                    | 90% Pt 10% Rh       | 30                 |



## 3.22c Verschiedene Stoffe bei 20 °C

| Stoff                            | $\lambda$ in W/m K | Stoff  | $\lambda$ in W/m K |
|----------------------------------|--------------------|--|--------------------|
| Basalt                           | 2,0                | Polypropylen   | 0,22               |
| Granit                           | 2,9                | Polytetrafluorethylen<br>(Teflon)  | 0,26               |
| Marmor                           | 2,8                | Styropor-Schaumstoffe  | 0,03 bis 0,045     |
| Sandstein                        |                    | Epoxyd-Harz (ungefüllt)  | 0,2                |
| quarzitisch                      | 2,5                | Epoxyd-Harz<br>(mit Mineralmehl gefüllt)   | 0,82 bis 1,36      |
| feldspathaltig                   | 1,7                | Hochfenschlacke  | 0,57               |
| Schiefer                         | 2,0                | Holz (Mittelwerte für 24 °C,<br>12% Feuchtegehalt und senk-<br>recht zur Faser strömende<br>Wärme; $\lambda$ parallel zur Faser<br>etwa doppelt so groß) |                    |
| Quarzsand                        |                    | Rohdichte 500 kg/m <sup>3</sup>  | 0,11 bis 0,14      |
| trocken                          | 0,2 bis 0,4        | 700 kg/m <sup>3</sup>  | 0,15 bis 0,17      |
| feucht                           | 2,1 bis 3,1        | Horn   | 0,18               |
| Flußsand                         |                    | Kreide   | 0,92               |
| trocken                          | 0,3                | Leder  | 0,14 bis 0,16      |
| feucht (11%)                     | 1,1                | Papier   | 0,12               |
| Kiessand, feucht                 | 1,4                | Paraffin   | 0,25 bis 0,27      |
| Erde, feucht (15%)               | 0,8 bis 1,2        | Porzellan  | 1,2 bis 1,6        |
| Erdreich, grobkiesig             | 0,6                | Schaumgummi  | 0,07 bis 0,09      |
| Tonboden                         | 1,3                | Steinzeug  | 1,3 bis 1,9        |
| Steinkohle                       | 0,21 bis 0,24      | Polyethylen<br>(Hochdruck-PE)  | 0,34               |
| Braunkohle                       | 0,17               | Polyethylen<br>(Niederdruck-PE)  | 0,42 bis 0,61      |
| Koks (Hochtemperatur)            | 0,7 bis 1,2        | Polymethylmethacrylat  | 0,19               |
| Steinsalz                        | 4,5 bis 5,7        | Polyvinylchlorid   | 0,17               |
| Asphalt                          | 0,7                | Polystyrol   | 0,16               |
| Bitumen                          | 0,17               | Polyamid   | 0,31               |
| Fett                             | 0,17               | Polyester (ungefüllt)  | 0,18               |
| Gewebe                           |                    | Polyester<br>(mit Glasfaser gefüllt)   | 0,29 bis 0,32      |
| Baumwolle                        | 0,07               | Siliconkautschuk   | 0,17               |
| Kunstseide                       | 0,06               |  |                    |
| Leinen                           | 0,07               |  |                    |
| Wolle                            | 0,04 bis 0,05      |  |                    |
| Gläser                           | 0,7 bis 1,4        |  |                    |
| Glimmer                          | 0,4 bis 0,6        |  |                    |
| Gummi                            |                    |  |                    |
| Kautschukanteil 40%              | 0,24               |  |                    |
| 60%                              | 0,19               |  |                    |
| 100%                             | 0,13               |  |                    |
| Hartgummi                        |                    |  |                    |
| Rohdichte 1,14 g/cm <sup>3</sup> | 0,17               |  |                    |
| 1,24 g/cm <sup>3</sup>           | 0,20               |  |                    |
| 1,30 g/cm <sup>3</sup>           | 0,24               |  |                    |
| 1,39 g/cm <sup>3</sup>           | 0,26               |  |                    |
| 1,78 g/cm <sup>3</sup>           | 0,67               |  |                    |

### 3.22d Eis und Schnee

Eis

| Temperatur<br>in °C | Dichte<br>in g/cm <sup>3</sup> | λ<br>in W/mK |
|---------------------|--------------------------------|--------------|
| 0                   | 0,917                          | 2,25         |
| - 20                | 0,920                          | 2,4          |
| - 40                | 0,923                          | 2,7          |
| - 60                | 0,925                          | 3,0          |
| - 80                | 0,927                          | 3,5          |
| -100                | 0,929                          | 4,0          |
| -120                | 0,931                          | 4,6          |
| -150                | 0,933                          | 5,7          |
| -180                | 0,934                          | 7,2          |

Schnee bei 0 °C

| Rohdichte in g/cm <sup>3</sup> | 0,2  | 0,4  | 0,6 | 0,8 |
|--------------------------------|------|------|-----|-----|
| λ in W/mK                      | 0,15 | 0,32 | 0,6 | 1,1 |

### 3.22e Bau- und Wärmedämmstoffe

Angegeben sind gerundete Rechenwerte (s. DIN 4108, Teil 4) der Wärmeleitfähigkeit, die Temperatureinflüsse, den Feuchtegehalt und Stoffunterschiede berücksichtigen (Mitteltemperatur: 10 °C).

| Stoff  | λ in W/mK     | Stoff  | λ in W/mK       |
|--|---------------|--|-----------------|
| Mörtel   | 0,9 bis 1,4   | Mauerwerk aus Gasbeton-Blocksteinen (500 bis 800 kg/m <sup>3</sup> ) | 0,2 bis 0,3     |
| Normalbeton (nach DIN 1045)  | 2,1           | Polyurethan-Ortschaum  | 0,03            |
| Leichtbetone mit geschlossenem Gefüge, je nach Rohdichte und Art der Zuschläge                 | 0,3 bis 1,2   | Korkplatten  | 0,045 bis 0,055 |
| Dampfgehärteter Gasbeton (400 bis 800 kg/m <sup>3</sup> )                                      | 0,14 bis 0,23 | Polystyrol-Hartschaum  | 0,025 bis 0,040 |
| Leichtbetone mit haufwerkporigem Gefüge, je nach Rohdichte und Art der Zuschläge               | 0,15 bis 1,4  | Polyurethan-Hartschaum   | 0,020 bis 0,035 |
| Gasbeton – Bauplatten mit normaler Fugendicke und Mauermörtel (500 bis 800 kg/m <sup>3</sup> ) | 0,2 bis 0,3   | Mineralische und pflanzliche Faserdämmstoffe (nach DIN 1865, Teil 1) | 0,035 bis 0,050 |
| Wandbauplatten aus Leichtbeton (800 bis 1400 kg/m <sup>3</sup> )                               | 0,3 bis 0,6   | Schaumglas   | 0,045 bis 0,060 |
| Wandbauplatten aus Gips (600 bis 1200 kg/m <sup>3</sup> )                                      | 0,3 bis 0,6   | Sperrholz  | 0,15            |
| Gipskartonplatten  | 0,2           | Harte Holzfaserplatten   | 0,17            |
| Vollklinker – Mauerwerk  | 1,0           | Poröse Holzfaserplatten  | 0,045 bis 0,056 |
| Kalksandstein – Mauerwerk (1000 bis 2200 kg/m <sup>3</sup> )                                   | 0,5 bis 1,3   | Lose, abgedeckte Schüttungen   |                 |
|  |               | Blähperlit   | 0,06            |
|  |               | Korkschröt, expandiert   | 0,05            |
|  |               | Hüttenbims   | 0,13            |
|  |               | Blähton, Blähschiefer  | 0,19            |
|  |               | Polystyrolschaum-Partikel  | 0,045           |
|  |               | Sand, Kies, Splitt (trocken)   | 0,7             |

Fortsetzung T 3.22e

Tiefemperatur-Isolierungen, Wärmeleitfähigkeit in W/m K

| Stoff  | Rohdichte<br>in kg/m <sup>3</sup> | Temperatur in °C |         |        |         |
|--|-----------------------------------|------------------|---------|--------|---------|
|  |                                   | -150             | -100    | -50    | 0       |
| Mineralwolle (lose)  | 200                               | 0,018            | 0,023   | 0,029  | 0,035   |
| Perlit   | 48                                | 0,021            | 0,026   | 0,032  | 0,037   |
|  | 80                                | 0,024            | 0,030   | 0,036  | 0,042   |
| Polyurethan-Schaum<br>(diffusionsdicht abgedeckt)  | 40                                | 0,014            | 0,019   | 0,023  | 0,020   |
| Perlit (Korngröße 0,5 mm,<br>Druck < 10 <sup>-6</sup> bar)   | 60 bis 80                         | 0,0004           | 0,0008  | 0,0017 | 0,0033  |
| Superisolierung aus Glasseidewebe<br>und geknitterter Aluminiumfolie<br>(30 Lagen je cm, Druck < 10 <sup>-7</sup> bar) |                                   | 0,00004          | 0,00006 | 0,0001 | 0,00015 |

Literatur: Landolt-Börnstein: Zahlenwerte und Funktionen; 6. Aufl., Berlin: Springer; Band II/5b (1968), Band IV/4b (1972)

Touloukian, Y.S.; Ho, C.Y. (Eds.): Thermophysical Properties of Matter, Vol. 1 (1970) Thermal Conductivity, Metallic Elements and Alloys; Vol. 2 (1970) Thermal Conductivity, Nonmetallic Solids; Vol. 3 (1970) Thermal Conductivity, Nonmetallic Liquids and Gases. New York:IFI/Plenum Data Corporation

DIN 4108, Teil 4 (1981): Wärmeschutz im Hochbau. Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte. Berlin: Beuth

Jamieson, D.T.; Irving, J.B.; Tudhope, J.S. (1975): Liquid Thermal Conductivity, a data survey to 1973. Edinburgh: National Engineering Laboratory

Ziebland, H. (1981): Recommended Reference Materials: for Realization of Physicochemical Properties; Section: Thermal Conductivity of Fluid Substances. Pure Appl. Chem. 43, 1863-1877

### 3.23 Wärmeleitfähigkeit einiger Flüssigkeiten – *Thermal conductivity of liquids* (W. Hemminger)

#### 3.23a Verflüssigte Gase

Wärmeleitfähigkeit in W/m K beim Sättigungsdruck

| Stoff                                       | Temperatur in °C |       |       |       |       |       |       |       |
|---|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | -180             | -160  | -140  | -120  | -100  | -80   | -60   | -40   |
| Argon                                       | 0,117            | 0,093 | 0,066 |       |       |       |       |       |
| Krypton                                     |                  |       | 0,082 | 0,069 | 0,056 | 0,043 |       |       |
| Xenon                                       |                  |       |       |       | 0,068 | 0,060 | 0,053 | 0,045 |
| Sauerstoff                                  | 0,145            | 0,118 | 0,090 |       |       |       |       |       |
| Stickstoff                                  | 0,108            | 0,075 |       |       |       |       |       |       |
| Kohlenstoffmonoxid                          | 0,118            | 0,086 |       |       |       |       |       |       |
| Methan                                      | 0,216            | 0,185 | 0,156 | 0,128 | 0,100 |       |       |       |
| Tetrafluorkohlenstoff<br>(Tetrafluormethan) |                  |       |       | 0,094 | 0,078 | 0,063 |       |       |
| Ethylen                                     |                  | 0,253 | 0,231 | 0,210 | 0,188 | 0,166 | 0,145 | 0,123 |
| Propan                                      | 0,205            | 0,202 | 0,195 | 0,182 | 0,169 | 0,157 | 0,144 |       |

### 3.23b Verschiedene Flüssigkeiten

Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  in W/m K bei 20 °C und 1 bar bzw. Sättigungsdruck

| Stoff  | $\lambda$ | Stoff   | $\lambda$     |
|--|-----------|---|---------------|
| Chlorwasserstoff HCl   | 0,189     | Heptan C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>                         | 0,124         |
| Brom Br <sub>2</sub>   | 0,125     | Hexan C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>                          | 0,119         |
| Schwefeldioxid SO <sub>2</sub>                               | 0,198     | Isobutylalkohol C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>                | 0,133         |
| Schwefelsäure H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                 | 0,330     | Isopropylalkohol C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O              | 0,137         |
| Ammoniak NH <sub>3</sub>                                     | 0,491     | Methanol CH <sub>4</sub> O                                    | 0,200         |
| Stickstoffdioxid NO <sub>2</sub>                             | 0,132     | Nitrobenzol C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> N    | 0,152         |
| Salpetersäure HNO <sub>3</sub> , 98%                         | 0,260     | Pentan C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>                         | 0,113         |
| Phosphorsäure H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                 | 0,431     | Pentanol C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O                     | 0,145         |
| Kohlenstoffdioxid CO <sub>2</sub>                            | 0,087     | Propan C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                          | 0,093         |
| Schwefelkohlenstoff CS <sub>2</sub>                          | 0,150     | Propanol C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O                      | 0,153         |
| Aceton C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O                       | 0,162     | Tetrachlorethan C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> | 0,114         |
| Ameisensäure CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>                  | 0,224     | Tetrachlorkohlenstoff CCl <sub>4</sub><br>(Tetrachlormethan)  | 0,101         |
| Anilin C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N                       | 0,173     | Toluol C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>                          | 0,135         |
| Benzol C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                         | 0,146     | Trichlorethylen C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>               | 0,115         |
| Butan C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>                         | 0,108     | Xylol C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>                          | 0,134         |
| Butanol C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O                     | 0,148     | Benzin  | 0,11 bis 0,12 |
| Buttersäure C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O                  | 0,150     | Blut (menschlich, 38 °C)                                      | 0,51          |
| Chloroform CHCl <sub>3</sub><br>(Trichlormethan)             | 0,116     | Vollmilch (3,5% Fett)   | 0,55          |
| Dichlorethylen C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> | 0,125     | Vaseline  | 0,18          |
| Diethylether C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O                | 0,130     | Erdnußöl  | 0,16          |
| Difluordichlormethan CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>         | 0,072     | Leinöl  | 0,16          |
| Essigsäure C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>      | 0,161     | Olivenöl  | 0,17          |
| Ethanol C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O                      | 0,165     | Siliconöle (je nach Viskosität)                               | 0,10 bis 0,16 |
| Glycerin C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>        | 0,285     |   |               |

### 3.23c Flüssige Metalle

Wärmeleitfähigkeit in W/m K

| Stoff       | Temperatur in °C |     |     |      |      |      |     |     |      |
|-------------|------------------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|
|             | 0                | 50  | 100 | 200  | 300  | 400  | 600 | 800 | 1000 |
| Aluminium   |                  |     |     |      |      |      |     | 95  | 101  |
| Blei        |                  |     |     |      |      | 17   | 19  |     |      |
| Caesium     |                  | 20  | 20  | 20   | 20   | 20   | 19  | 17  | 14   |
| Gallium     |                  | 30  | 35  | 45   | 56   |      |     |     |      |
| Kalium      |                  |     | 53  | 49   | 45   | 41   | 35  | 29  | 24   |
| Lithium     |                  |     |     |      | 47   | 50   | 56  | 62  | 66   |
| Magnesium   |                  |     |     |      |      |      |     | 89  |      |
| Natrium     |                  |     | 88  | 83   | 78   | 73   | 64  | 55  | 47   |
| Quecksilber | 8,2              | 9,0 | 9,8 | 11,0 | 11,7 | 12,6 |     |     |      |
| Zink        |                  |     |     |      |      |      | 60  | 71  |      |
| Zinn        |                  |     |     |      | 28   | 31   |     |     |      |

Literatur vgl. Tab. T 3.22

### 3.24 Wärmeleitfähigkeit einiger Gase beim Druck von 1 bar – Thermal conductivity of gases at a pressure of 1 bar (W. Hemminger)

#### 3.24a Elemente und anorganische Verbindungen

Wärmeleitfähigkeit in mW/m·K

| Stoff               | Temperatur in K |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
|---------------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                     | 100             | 150 | 200 | 250 | 273 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1200 | 1400 | 2000 |
| Helium              | 72              | 95  | 115 | 134 | 143 | 183 | 218 | 250 | 280 | 307 | 334 | 360  | 410  | 457  | 587  |
| Neon                | 22              | 30  | 37  | 43  | 46  | 60  | 70  | 79  | 88  | 96  | 104 | 112  |      |      |      |
| Argon               | 6               | 9   | 12  | 15  | 16  | 23  | 27  | 31  | 34  | 37  | 41  | 44   | 49   | 54   | 69   |
| Krypton             |                 | 5   | 7   | 8   | 9   | 12  | 15  | 17  | 19  | 21  | 23  | 25   | 28   | 31   |      |
| Xenon               |                 |     | 4   | 5   | 5   | 7   | 9   | 11  | 12  | 14  |     |      |      |      |      |
| Wasserstoff         | 67              | 98  | 128 | 157 | 171 | 222 | 259 | 295 | 331 | 366 | 399 | 432  | 500  | 578  | 850  |
| Sauerstoff          | 9               | 14  | 18  | 22  | 24  | 34  | 40  | 47  | 53  | 60  | 66  | 71   | 82   | 93   |      |
| Fluor               | 9               | 13  | 18  | 22  | 24  |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| Stickstoff          | 10              | 14  | 18  | 22  | 24  | 33  | 39  | 45  | 50  | 55  | 60  | 65   | 76   | 87   |      |
| Luft                | 9               | 14  | 18  | 22  | 24  | 34  | 40  | 46  | 52  | 57  | 62  | 67   | 77   | 83   |      |
| Ammoniak            |                 |     |     | 19  | 22  | 37  | 51  | 67  | 83  |     |     |      |      |      |      |
| Schwefelwasserstoff |                 |     |     |     | 13  | 20  | 27  | 34  |     |     |     |      |      |      |      |
| Schwefeldioxid      |                 |     |     |     | 9   | 15  | 20  | 26  | 31  | 36  | 41  | 45   | 52   |      |      |
| Schwefelhexafluorid |                 |     |     |     |     |     | 27  | 33  | 39  |     |     |      |      |      |      |
| Stickstoffoxid      |                 | 13  | 17  | 22  | 24  | 33  | 40  | 47  |     |     |     |      |      |      |      |
| Distickstoffoxid    |                 |     | 10  | 13  | 15  | 26  | 35  | 44  | 53  | 61  |     |      |      |      |      |
| Kohlenstoffmonoxid  | 9               | 13  | 17  | 21  | 23  | 32  | 38  | 45  | 50  | 56  | 61  | 66   |      |      |      |
| Kohlenstoffdioxid   |                 |     | 9   | 13  | 14  | 24  | 32  | 40  | 47  | 54  | 61  | 67   | 79   |      |      |

#### 3.24b Organische Verbindungen

Wärmeleitfähigkeit in mW/m·K

| Stoff  | Temperatur in °C |    |    |     |     |     |
|--|------------------|----|----|-----|-----|-----|
|  | 0                | 25 | 50 | 100 | 150 | 200 |
| Aceton C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>                 |                  |    |    | 18  | 23  |     |
| Benzol C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                 |                  |    |    | 16  | 21  |     |
| Butan C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>                 | 13               | 16 | 18 | 24  | 31  | 38  |
| Chloroform CHCl <sub>3</sub>                         |                  |    |    | 10  | 12  |     |
| Diethylether C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O        |                  |    | 17 | 22  | 28  | 33  |
| Difluordichlormethan CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> | 9                | 10 | 11 | 13  | 16  |     |
| Ethan C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>                  | 18               | 21 | 24 | 32  | 38  | 46  |
| Ethanol C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>                |                  |    |    | 22  | 27  |     |
| Ethylen C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>                | 17               | 21 | 24 | 31  | 37  | 44  |
| Heptan C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>                |                  |    | 15 | 18  |     |     |
| Hexan C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>                 |                  |    |    | 20  | 26  |     |
| Methan CH <sub>4</sub>                               | 30               | 34 | 37 | 44  | 52  | 60  |
| Methanol CH <sub>4</sub> O                           |                  |    |    | 24  | 28  |     |
| Pentan C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>                |                  |    | 17 | 23  | 29  | 36  |
| Propan C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                 | 15               | 18 | 21 | 27  | 34  | 42  |
| Tetrachlorkohlenstoff CCl <sub>4</sub>               |                  |    |    | 9   | 10  |     |
| Tetrafluorkohlenstoff CF <sub>4</sub>                | 14               | 16 | 18 | 21  |     |     |

Literatur vgl. Tab. T 3.22.